Ano 2021

Meio ambiente:

Princípios ambientais, preservação e sustentabilidade

2

Danyelle Andrade Mota
Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Lays Carvalho de Almeida
(ORGANIZADORES)

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Gabriel Motomu Teshima
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

MULTIDISCIPLINAR

Atena
Editora
Ano 2021

Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Danyelle Andrade Mota
Clécio Danilo Dias da Silva
Lays Carvalho de Almeida
Milson dos Santos Barbosa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 2 / Organizadores Danyelle Andrade Mota, Clécio Danilo Dias da Silva, Lays Carvalho de Almeida, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outro organizador
Milson dos Santos Barbosa

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-790-8
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.908212112

1. Meio ambiente. I. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). II. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). III. Almeida, Lays Carvalho de (Organizadora). IV. Título.

CDD 333.72

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A temática meio ambiente é um dos maiores desafios que a humanidade vivencia nas últimas décadas. A sociedade sempre esteve em contato direto com o meio ambiente, o que refletiu nas complexas inter-relações estabelecidas entre estes, promovendo práticas sociais, culturais, econômicas e ambientais. O uso indiscriminado dos recursos naturais e a crescente demanda de consumo da sociedade culminaram na degradação do meio natural, e muitas vezes, reverberaram em perda da qualidade de vida para muitas sociedades. Desse modo, é necessário a busca para compreensão dos princípios ambientais, preservação e sustentabilidade para alcançar o uso sustentável dos recursos naturais e minimizar os problemas ambientais que afetam a saúde e a qualidade de vida da sociedade.

Nessa perspectiva, a coleção "*Meio Ambiente: Princípios Ambientais, Preservação e Sustentabilidade*", é uma obra composta de dois volumes com uma série de investigações e contribuições nas diversas áreas de conhecimento que interagem nas questões ambientais. Assim, a coleção é para todos os profissionais pertencentes às Ciências Ambientais e suas áreas afins, especialmente, aqueles com atuação no ambiente acadêmico e/ou profissional. A fim de que o desenvolvimento aconteça de forma sustentável, é fundamental o investimento em Ciência e Tecnologia através de pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, pois além de promoverem soluções inovadoras, contribuem para a construção de políticas públicas. Cada volume foi organizado de modo a permitir que sua leitura seja conduzida de forma simples e objetiva.

O Volume I "*Meio Ambiente, Sustentabilidade e Educação*", apresenta 16 capítulos com aplicação de conceitos interdisciplinares nas áreas de meio ambiente, sustentabilidade e educação, como levantamentos e discussões sobre a importância da relação sociedade e natureza. Desta forma, o volume I poderá contribuir na efetivação de trabalhos nestas áreas e no desenvolvimento de práticas que podem ser adotadas na esfera educacional e não formal de ensino, com ênfase no meio ambiente e preservação ambiental de forma a compreender e refletir sobre problemas ambientais.

O Volume II "*Meio Ambiente, Sustentabilidade e Biotecnologia*", reúne 18 capítulos com estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa. Os capítulos apresentam resultados bem fundamentados de trabalhos experimentais laboratoriais, de campo e de revisão de literatura realizados por diversos professores, pesquisadores, graduandos e pós-graduandos. A produção científica no campo do Meio Ambiente, Sustentabilidade e da Biotecnologia é ampla, complexa e interdisciplinar.

Portanto, o resultado dessa experiência, que se traduz nos dois volumes organizados, envolve a temática ambiental, explorando múltiplos assuntos inerentes as áreas da Sustentabilidade, Meio Ambiente, Biotecnologia e Educação Ambiental Esperamos que essa coletânea possa se mostrar como uma possibilidade discursiva para novas pesquisas

e novos olhares sobre os objetos das Ciências ambientais, contribuindo, por finalidade, para uma ampliação do conhecimento em diversos níveis.

Agradecemos aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, bem como, a Atena Editora, a qual apresenta um papel imprescindível na divulgação cientifica dos estudos produzidos, os quais são de acesso livre e gratuito, contribuindo assim com a difusão do conhecimento. Assim, convidamos os leitores para desfrutarem as produções da coletânea. Tenham uma ótima leitura!

Danyelle Andrade Mota
Clécio Danilo Dias da Silva
Lays Carvalho de Almeida
Milson dos Santos Barbosa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

CATEGORIZAÇÃO DE UNIDADES HIDROLÓGICAS POR MUNICÍPIO

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 18/07/2021

Renata Cristina Araújo Costa
Mestrado em Análise Geoambiental – MAG, Universidade Guarulhos (UNG)
Guarulhos – SP
https://orcid.org/0000-0003-2404-3024

Marcelo Zanata
Instituto Florestal
Batatais – SP
https://orcid.org/0000-0003-0124-187X

Anildo Monteiro Caldas
Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – SP
https://orcid.org/0000-0003-1095-5938

Flávia Mazzer Rodrigues
Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias
Montes Claros, MG
http://lattes.cnpq.br/7174744708411784

Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Orientadora
Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Jaboticabal – SP
https://orcid.org/0000-0001-8261-2470

RESUMO: A regionalização hidrológica do município pretende gerar regiões homogêneas de gestão dos recursos hídricos. O município possui um limite geográfico de cunho administrativo, por esse motivo, a gestão dos recursos hídricos é dificultada. Desta forma, a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997) institui a bacia hidrográfica como unidade territorial. Devido esta divergência, muitos gestores municipais possuem dúvidas de como realizar a gestão dos recursos hídricos utilizando a unidade territorial de bacias hidrográficas. O estudo utilizou o banco de dados do Topodata – Modelo Digital de Elevação (MDE) para a modelagem do terreno e processamento das regiões hidrológicas. Todos os dados utilizados estão distribuídos gratuitamente pelos bancos brasileiros e mundiais. A estratégia possibilita selecionar parâmetros morfométricos distintivos para influenciar os tomadores de decisão direcionar de forma mais efetiva os programas de gestão do recurso financeiro no município. Neste trabalho iremos demonstrar como realizar tal procedimento, e apresentar trabalhos realizados na escala de municípios e explicar quais foram as solucionais utilizadas para cada análise. A partir da leitura do capítulo o gestor municipal poderá verificar quais serão as melhores técnicas utilizar o seu município, considerando as características espaciais do limite municipal e problemas ambientais de seu município. Além disso falaremos um pouco de como é importante a participação ativa nos comitês de bacias hidrográficas da sua região, visando assim, a tomada de decisão ativa no uso e ocupação das bacias hidrográficas compartilhadas entre municípios e estados.

PALAVRAS-CHAVE: Bacias Hidrográficas, água, política de uso do solo.

CATEGORIZATION OF HYDROLOGICAL UNITS BY MUNICIPALITY

ABSTRACT: The municipality's hydrological regionalization generates homogeneous regions for the management of water resources. The municipality has a geographical boundary of administrative nature, for this reason, the management of water resources is difficult. Thus, the National Water Resources Policy (Law 9.433 / 1997) institutes a hydrographic basin as a territorial unit. This divergence, many municipal managers have doubts about how to manage water resources using a territorial unit of watersheds. The study used the Topodata - Digital Elevation Model (DEM) database for terrain modeling and hydrological region processing. All data used are distributed free of charge by Brazilian and world banks. The strategy makes it possible to select distinctive morphometric parameters to guide decision makers more effectively direct financial resource management programs in the municipality. In this work, demonstrate how to carry out this procedure, and present works carried out on the scale of municipalities and explain which solutions were solved for each analysis. From the reading of the chapter, the municipal manager can verify which will be the best techniques to use in the municipality, considering the spatial characteristics of the municipal boundary and environmental problems in the municipality. We will also talk a little about how important it is to actively participate in river basin committees in your region, thus senior active decision-making in the use and occupation of river basins shared between municipalities and states.
KEYWORDS: Watershed, water, land use policy.

1 | INTRODUÇÃO

Os municípios compõem a divisão territorial brasileira oficial, sendo uma hierarquia administrativa. De acordo com A Constituição de 1988, considera o município como a unidade da federação com menor abrangência territorial (BRASIL, 1988). Porém os critérios para divisão não seguem nenhum critério de cunho de gestão ambiental, sendo um problema quando falamos na gestão dos recursos hídricos por exemplo.

Desde 1997, com a Política Nacional dos Recurso Hídricos, a bacia hidrográfica foi instituída como unidade territorial básica para sua gestão e manejo do recurso hídrico. Porém, o gestor administrativo do município possui o dever de zelar pela segurança hídrica de seus munícipes e de tomar decisões a respeito da proteção dos recursos hídricos. Mas como fazer está gestão? Como gerenciar o território do município em bacias hidrográficas? Estas e outras questões iremos abordar neste capítulo, auxiliará os gestores a tomar as melhores decisões quando a utilização das bacias hidrográficas com base para a gestão dos recursos hídricos no seu município.

Os municípios são geralmente formados por várias microbacias hidrográficas, sendo que elas podem ocupar somente a área municipal, sendo considerada uma microbacia municipal, ou ter sua nascente ou foz em outro município, sendo assim, considerada uma microbacia intermunicipal.

O serviço de abastecimento de água é crucial para a sobrevivência e o desenvolvimento da sociedade humana. É fundamental avaliar a importância das sub-

bacias hidrográficas, com base em suas diferentes capacidades de prover recursos hídricos para gerenciar toda uma bacia hidrográfica (LI et al, (2021).

O planejamento consciente do uso dos recursos hídricos deve ser de forma a considerar os múltiplos usos respeitando as premissas da gestão global, de forma racional no manejo integrado de bacias hidrográficas, com o objetivo de promover desenvolvimento econômico e social para as respectivas regiões, respeitando-se as características que lhe são peculiares.

A caracterização ambiental de um município feita por meio de softwares de georreferenciamento é a técnica mais utilizada para a gestão apropriada dos recursos (SALUSTIANO, 2016).

A análise de uma bacia hidrográfica é um dos estudos mais utilizados atualmente como guia para uma preservação abrangente de uma área, já que todos os sistemas podem interagir entre si através de recursos hídricos (CARMO e SILVA, 2010). Uma bacia hidrográfica é considerada uma unidade de planejamento e gestão ambiental, portanto perceber sua dinâmica natural concorda com a possibilidade de uma administração coerente dos recursos fornecidos por ela e nela localizados (PAULA, 2014). Compreender o sistema hidrológico em torno da bacia é entender toda a complexidade dos usos do território ao redor dela e como o ecossistema e a população podem ser afetados (BAND, 2012).

A utilização de softwares de georreferenciamento é uma ferramenta poderosa em estudos ambientais e pode ser utilizada como uma única abordagem pra visualizar, estudar e compreender uma determinada área e sua história geográfica (FUSHIMI e NUNES, 2016).

Gerenciar a política de uso do solo municipal por bacias hidrográficas por bacias hidrográficas, estudar e direcionar o estudo da formação de regiões e caracterizar e selecionar as características morfométricas representativas para a gestão ambiental por bacias hidrográficas, subbacias e tributários.

2 | A BACIA HIDROGRÁFICA

Para começarmos o assunto, será melhor conceituar a bacia hidrográfica, e discutirmos mais sobre a importância da sua utilização para a gestão ambiental, principalmente voltada a gestão dos recursos hídricos.

As bacias hidrográficas podem ser compreendidas como áreas de captação natural da água de precipitação, que se infiltram e escoam para os canais principais e adjacentes. Segundo Carmo e Silva (2010), uma bacia pode ser definida como um aglomerado de terras limitadas por divisores de águas, drenadas por um rio e seus tributários, onde a água que se precipita escoa formando rios e riachos ou infiltra formando nascentes e lençóis freáticos. A maneira como uma bacia é formada, hidrologicamente, é resultado de diversos aspectos físicos como geologia, topografia, cobertura vegetal, solo, relevo etc.

O termo bacia de captação pode ser utilizado quando a área é destinada ao acúmulo de águas de chuva ou bacia de drenagem quando age como uma região escoada por cursos d'água (SILVA, 1995).

Por que utilizar então a bacia hidrográfica para a gestão dos recursos hídricos? A bacia hidrográfica é responsável por drenar e armazenar as águas das precipitações atmosféricas. Desta forma, o manejo e a conservação do solo de uma região vão refleti diretamente na quantidade e qualidade do recurso hídrico. As práticas conservacionistas na superfície da bacia hidrográfica são de extrema importância para ampliar a capacidade da bacia hidrográfica em armazenar a água das estações chuvosas, e desta forma fornecer água nas estações mais secas. Porém é na bacia hidrográfica que ocorrem as atividades econômicas, o desenvolvimento industrial e produção agrícola, que quando não manejados podem gerar impactos na qualidade e disponibilidade da água.

Uma das ferramentas utilizadas para compreender melhor a capacidade de cada bacias hidrográficas a produção agropecuária é a metodologia do conflito de uso do solo. Esta metodologia utiliza como indicadores ambientais os parâmetros morfométricos que descreve a conformação geomorfológica das bacias hidrográficas, consequência das ações naturais ao longo de milhares de anos.

A morfometria é o estudo quantitativo das formas de relevo, cada um dos índices possibilita estudar a complexa dinâmica da bacia, devendo ser compreendido pelo seu conjunto e não isoladamente (GUERRA; GUERRA, 2003). A mensuração dos parâmetros morfométricos de cada bacia hidrográfica é uma importante ferramenta da análise da superfície hidrologia e geomorfológica, eles descrevem a dinâmica das drenagens superficiais e as formas topográficas, analisando diversas questões geomorfológicas responsáveis por demonstrar as condições do ambiente e trazem informações relevantes sobre a relação solo-superfície (POLITANO, 1992; MARQUES JR., 1995).

O padrão de drenagem e do relevo refletem as propriedades do terreno, como infiltração deflúvio das águas das chuvas, e expressam correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (PISSARRA; POLITANO; FERRAUDO, 2004). Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES; CASTRO, 2003). Além disso, as características morfométricas apresentam têm fortes ligações com litologia e geologia estando diretamente ligados a conservação do solo e a suscetibilidade à degradação ambiental (RODRIGUES; PISSARRA; CAMPOS, 2008; ZANATA et al., 2011).

A realização de uma análise morfométrica na bacia hidrográfica é necessária para que as formas possam ser separadas, descritas quantitativamente e comparadas de região para região (PISSARRA; POLITANO; FERRAUDO, 2004).

Com o auxílio da análise multivariada é possível relacionar a pedologia, relevo e rede hidrográfica e descrever de forma mais sistematizada a dinâmica das drenagens

superficiais e as formas topográficas, além de analisar diversas questões geomorfológicas (PISSARRA; POLITANO; FERRAUDO, 2004). Se faz necessário maiores estudos, para propor a regionalização e o comportamento morfométrico dos municípios e de cada região hidrológica a fim de propor ocupações ambientalmente viáveis.

3 I CATEGORIZAÇÃO DE UNIDADES HIDROLÓGICAS

Iremos falar aqui da ordenação municipal por compartimentos hidrológicos e por bacias hidrográficas. Iremos falar sobre as principais diferenças? As metodologias e recursos utilizados para cada técnica? E as vantagens e desvantagens.

O entendimento de cada técnica e suas aplicações, possibilidade o gestor publico escolher a técnica que melhor segmentará a unidade territorial de acordo com suas necessidades.

A categorização é o processo pelo qual o espaço geográfico é dividido por ideias e objetos reconhecidos, diferenciados e classificados, e consiste em organizar regiões da superfície terrestre em grupos ou categorias, com um propósito específico.

3.1 Metodologia aplicada Sub-bacias e os compartimentos hidrológicos (unidade de resposta hidrológica-URH).

O processo de delimitação dos divisores topográficos de cada região da bacia hidrográfica do rio Paraopeba ocorreu para a divisão em compartimentos hidrológicos (CH).

Desta forma, a região ocupada por cada sub-bacia (Sb) é considerada um compartimento hidrológico (CH), que em seu interior é uma zona homóloga, isto é, uma região homóloga que estabelece uma relação entre as propriedades texturais de drenagem e as tipologias da gênese litológica. A relação das propriedades texturais com a presença dos membros litológicos subjacentes determinam a estruturação da rede de drenagem no interior de cada URH.

Cada CH, isto é, sub-basin, no termo em inglês (Sb) é considerada uma área de reserva hídrica superficial ou subterrânea. A água é acumulada no período chuvoso e no período de seca é armazenada no sistema da bacia. O banco de dados utilizados está na Tabela 1.

Tipo de dados e resolução espacial/escala	Finalidade e parâmetro associado	Instituição e Fonte	URL do site da internet
Modelo digital de elevação – MDE (30 metros)	Divisores topográficos	TOPODATA – (INPE)	http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php
Cartas Topográficas	Identificação das redes de drenagem	IBGE (1971)	http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas

Tabela 1. Resumo dos conjuntos de dados utilizados para a identificação das regiões hidrológicas. As colunas de tabela incluem referências a tipos de dados e fontes primárias, seus usos na análise, propriedade de dados e disponibilidade na Internet.

O sistema de divisão do compartimento hidrológico (CH) foi realizado no processamento automático no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS (ESRI, 2006), disponível no endereço eletrônico da Environmental Systems Research Institute (ESRI), juntamente com as extensões ("plugins") Watershed Delineator do programa de modelagem Soil and Water Assessment Tool (SWAT) disponível no endereço eletrônico: https://swat.tamu.edu/.

As bacias hidrográficas foram geradas utilizado o software ArcGIS, utilizando a Hydrology - Watershed. Foram utilizados os pontos de foz que seguiram o limite do município.

A delimitação dos compartimentos hidrológicos foi utilizado o programa SWAT (Soil and Water Assessment Tool) desenvolvido pelo Blackland Research Center da Texas Agricultural Station e USDA Agricultural Research Service, em trabalhos realizados no Agricultural Research Service e no Texas A&M University, foi utilizada como ferramenta computacional para a divisão do município em compartimentos hidrológicos.

4 I ESTUDO DE CASO

4.1 Análise Municipal por Microbacias Hidrográficas

Vários aspectos físicos foram desenvolvidos ao longo dos anos para definir uma bacia hidrográfica. Alguns se aplicam a bacia como um todo, enquanto outros à apenas algumas características destas. Porém, estes aspectos envolvem subdivisões das bacias em sub-bacias ou microbacias, considerando a forma do terreno em suas vertentes e divisores topográficos. A área da bacia é então dividida em outras áreas que consideram as redes de drenagem formada pelos tributários do rio principal (Figura 1).

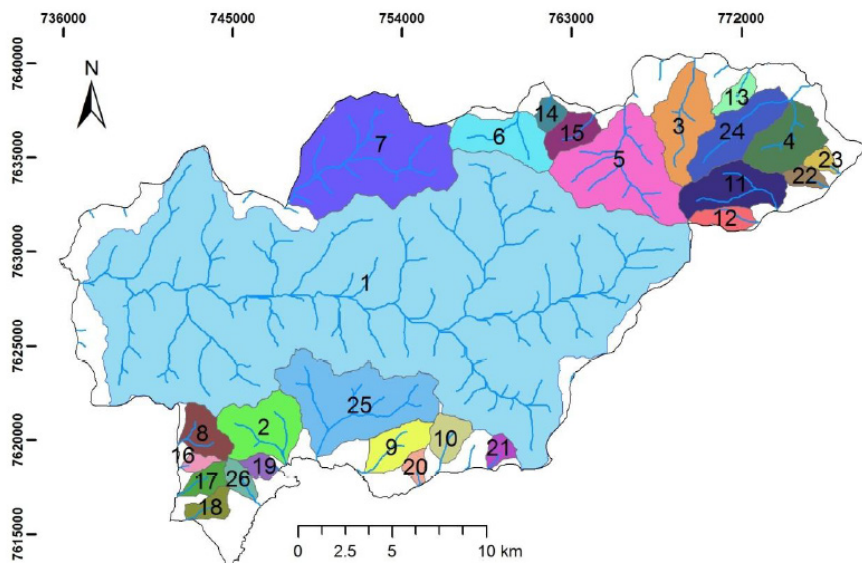



Figura 1. Divisão das bacias hidrográficas do Município de Taquaritinga – SP.

Fonte: SALUSTIANO (2016).

Foram delimitadas 26 bacias hidrográficas no total do município. A bacia Ribeirão dos Porcos (Ponto 1) abastece a cidade e é considerada a principal bacia do município. As outras divisões foram determinadas em função dos pontos de foz que desaguam em outros municípios (SALUSTIANO, 2016).

4.2 Análise Municipal por Compartimentos Hidrológicos

4.2.1 Caso do Município de Jaboticabal

Os compartimentos hidrológicos são regiões que contém as redes de drenagem, que interagem entre si e armazenam as águas que contribuem para a vazão do rio Mogi-Guaçu e que abastecem o município de Jaboticabal. Estas regiões não caracterizam, necessariamente, uma bacia hidrográfica, e sim, parte desta.

Para a delimitação dos compartimentos foi utilizado o modelo de eleva ção digital do terreno (Digital Elevation Model – DEM) e o modelo hidrológico Soil and Water Assessment Tool, ArcSWAT com a interface de Sistemas de Informações Geográficas – SIG's, Software ArcGis, desenvolvido pela ESRI – Environmental Systems Research Institute, no comando wathershed delineator gerando 18 compartimentos hidro- lógicos e 6 fragmentos, totalizado 24 CH (Figura 2).

Destes 24 compartimentos delineados no modelo SWAT, no ArcGIS, 18 foram reprojetados considerando a relação da área e da composição da rede de drenagem, para efetuar a caracterização morfométrica (COSTA, 2015).

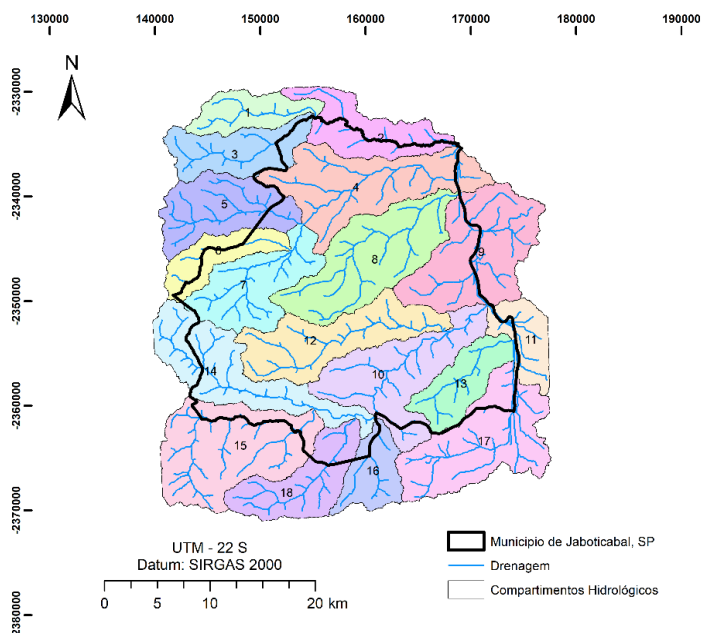



Figura 2. Compartimentos Hidrológicos do Município de Jaboticabal, SP.

O sistema de drenagem dos CH é organizado pelos cursos principais e seus tributários. Nestas regiões, os fluxos de água de drenagem seguem repetidamente o mesmo caminho e formam canais interligados na estabilidade da conformação geomorfológica do terreno (COSTA, 2015).

As características morfométricas podem ser definidas como indicadores ambientais e verifica-se que elas se expressam como indicadores de pressão, auxiliando na tomada de decisão sobre as atividades humanas sobre o meio ambiente. O acesso às informações ambientais dos órgãos públicos de forma efetiva e ágil pode ser determinado utilizando o software ArcSWAT e em linguagem de fácil compreensão, para a elaboração dos mapas temáticos.

4.2.2 Caso do Município de Batatais

A partir de diretrizes do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, neste trabalho a unidade físico-territorial de bacia hidrográfica foi adotada para o planejamento e gerenciamento, com a identificação de compartimentos hidrológicos no território municipal de Batatais, com dimensões e características peculiares quanto ao uso e ocupação do solo e rede de drenagem.

O município de Batatais - SP está em processo de urbanização, com as áreas do entorno do perímetro urbano, que ainda não foram urbanizadas, devendo receber especial atenção no que se refere ao planejamento da expansão (áreas mais propícias) (CALDAS, 2015).

A extensão para modelagem, programa SWAT (Soil and Water Assessment Tool), foi utilizada como ferramenta computacional para a divisão do município em compartimentos hidrológicos (Figura 3).

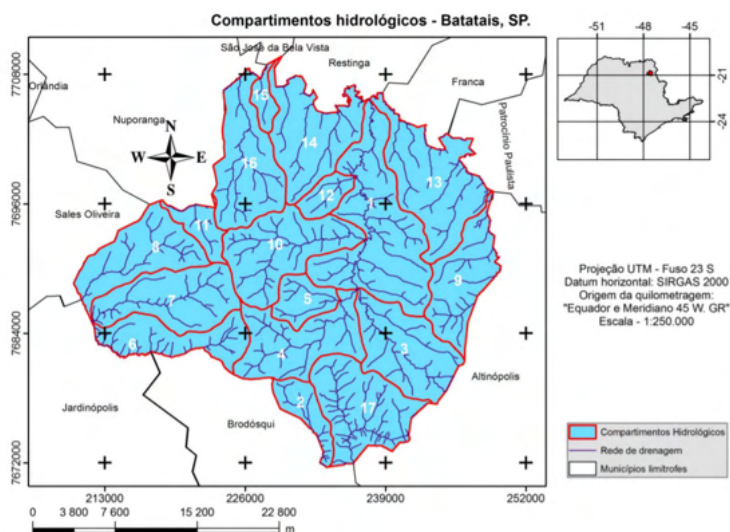



Figura 3. Compartimentos Hidrológicos do Município de Batatais, SP.

Fonte: CALDAS (2015).

Assim, dividimos em 2 grupos, as vertentes integrantes da bacia hidrográfica do rio Sapucaí-mirim e as do rio Pardo. O principal curso d'água de cada microbacia deu nome à cada compartimento hidrológico.

O ribeirão Tombacal ou Tomba-carro é formado pelas sub-bacias de sua nascente principal (ribeirão do Engenho da Serra), de abastecimento d'água (córrego da Prata e córrego da Estiva) e da zona urbana do município (córrego dos Peixes e córrego das Araras) de Batatais. É denominado de córrego da Cachoeira, depois Ribeirão dos Batatais e finalmente Tombacal ou Tomba-carro. Esse importante compartimento hidrológico serviu de referência para as pequenas sub-bacias a jusante e a montante desse curso d'água.

Os principais compartimentos hidrológicos foram delimitados na identificação dos divisores topográficos das principais bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem do município.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este tipo de análise é importante no estudo e planejamento estratégico no município, determinando o grau de risco de degradação do solo e da água e diferenciando a estrutura física de cada bacia que compõe a superfície territorial de município.

A determinação de regiões fisicamente homogêneas, auxiliar em processos de regionalização hidrológica e gerenciamento de recursos hídricos, podendo ser utilizada como indicadores ambientais na tomada de decisão.

A proposta possibilita a sistematização do território municipal utilizando o conceito de bacias hidrográficas. A análise dos parâmetros morfométricos possibilita indicar as áreas prioritárias para os projetos de conservação da água e do solo, prevenindo erosão, assoreamento e enchentes. A análise realizada em três escalas de trabalho: bacias hidrográficas, subbacias e tributários tiveram diferenças significativas nos parâmetros diretos e não significativas nos indiretos, o que indica que a análise comparativa entre ambientes deve ser realizada a partir de parâmetros indiretos processados matematicamente.

REFERÊNCIAS

CALDAS, A. M. **Diagnóstico geoambiental no município de Batatais – SP**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015. 108 p.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, PTA. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências, João Pessoa - PB, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003**.

BRASIL. **Constituição** (**1988**). **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

COSTA, R. C. A. **Indicadores Morfométricos: uma ferramenta no diagnóstico da vulnerabilidade ambiental**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015. 78p.

CARMO, J. P. A. e SILVA, P. D. D**. A bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão.** Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Porto Alegre. Julho, 2010.

FUSHIMI, M. e NUNES, J. O. R. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica sob a perspectiva do pensamento da complexidade. **Revista Interface**, edição nº 11, maio de 2016 – p. 167-182.

GUERRA, A. T.; GUERRA, AJT. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652 p.

Li, X., Sun, W., Zhang, D., Huang, J., Li, D., Ding, N., ... & Wang, X. (2021). Avaliação do serviço de abastecimento de água na escala de sub-bacias hidrográficas, combinando oferta, demanda e fluxo espacial. **Ecological Indicators**, 127, 107745.

MARQUES Jr., J. **Características dos solos em relação à forma e evolução de uma vertente em Monte Alto, SP.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1995, 187p. (Tese de Doutorado).

PAULA, A.C.R.; CASTRO, G.L.; CRUZ, M.L.B.; Aspectos morfométricos da microbacia do riacho Chafariz – PB. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.152-155, 2014.

PAULA, A.C.R.; CASTRO, G.L.; CRUZ, M.L.B.; Aspectos morfométricos da microbacia do riacho Chafariz – PB. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.152-155, 2014.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de caracteristicas morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2004.

POLITANO, W. **Estudo da adequabilidade do emprego de bacias hidrográficas de 3a, 2a, 1a ordem de magnitude na análise morfométrica aplicada a solos. Jaboticabal**, Universidade Estadual Paulista, 1992. 331p. (Tese de Livre-Docência).

RODRIGUES, F. M..; PISSARRA, T. C. T..; CAMPOS, S. Caracterização Morfométrica da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 310–322, 2008.

SALUSTIANO, C. T. C. **Caracterização ambiental do município de Taquaritinga com uso de sistema de informação geográfica.** Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal para graduação em Ciências Biológicas, 2016.

SILVA, A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia**. Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras - MG. 1995.

ZANATA, M. et al. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1062–1067, out. 2011.

CAPÍTULO 2

CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO ALTO CURSO DO CÓRREGO TRÊS MARCOS EM UBERLÂNDIA-MG E A PERCEPÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 11/10/2021

Hérica Leonel de Paula Ramos Oliveira
Doutoranda em Geografia - Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia - MG
http://lattes.cnpq.br/1387376041437437

Jorge Luís Silva Brito
Professor titular no departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia - MG
https://orcid.org/0000-0001-7703-2308

RESUMO: O alto curso do córrego Três Marcos possui nascentes difusas e perenes que fornecem água para um rego d'água secular, que abastece cerca de 46 propriedades de agricultura familiar. Este estudo objetivou verificar as condições ambientais das áreas do alto curso do córrego Três Marcos em Uberlândia-MG e a percepção ambiental de usuários das águas oriundas da cabeceira deste córrego quanto ao aspecto conservação do solo e da água, visando identificar os riscos ambientais presentes na paisagem da área de estudo e os potenciais riscos à comunidade Olhos D'Água. Para isso, efetuou-se revisão bibliográfica, trabalhos de campo e diálogo não estruturado. A ocupação urbana desconsidera a importância das nascentes deste local para a população de Uberlândia. Os efeitos das ações antrópicas estão expressos na paisagem vulnerável da área. Existem bacias de contenção / infiltração de drenagem pluvial rompidas, vários processos erosivos, resíduos sólidos e animais na área de preservação permanente da cabeceira do mencionado córrego. Por meio do diálogo foi evidenciada a percepção dos camponeses quanto aos impactos existentes na área e riscos presentes, bem como a necessidade de preservar as nascentes.

PALAVRAS-CHAVE: Ações antrópicas; Impactos ambientais; Percepção ambiental; Riscos ambientais.

ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE HIGH COURSE OF THE 3 MARCOS STREAM IN UBERLÂNDIA-MG AND THE PERCEPTION OF ENVIRONMENTAL RISKS

ABSTRACT: The high course of the *Três Marcos* stream has diffuse and perennial springs which provides water to a secular water stream, which supplies about 46 family farming properties. This study aimed to verify the environmental conditions of the areas of the high course of the *Três Marcos* stream in Uberlândia-MG and the environmental perception of the users of the waters from the head of this stream in terms of conservation of soil and water, aiming to identify the environmental risks present in the landscape of the study area and the potential risks to the Olhos D'Água community. In order to achieve that, a literature review, fieldwork and unstructured dialogue were carried out. Urban occupation disregards the importance of the springs of this place for the population of the city of Uberlândia. The effects of human actions are expressed in the vulnerable

landscape of the area. There are broken rainwater containment/infiltration basins, several erosive processes, solid residues and animals in the area of permanent preservation of the head of the mentioned stream. Through dialogue the perception of the peasants regarding the existing impacts in the area, and its scratchs presents, as well as the need to preserve the springs, were made evident.
KEYWORDS: Anthropic actions; Environmental impacts; Environmental perception; Environmental risks.

1 I INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas provocam diversas modificações na paisagem e, quando implantadas sem o devido controle e atenção, geram graves efeitos a paisagem que podem ser irreversíveis no tempo da vida humana.

Tanto o avanço da expansão urbana – cada vez mais acelerado nas médias cidades – quanto a implantação de culturas vêm ocasionando uma série de transtornos no meio ambiente urbano e rural e, Uberlândia-MG se enquadra nesse grupo. Estes transtornos devem ser avaliados a partir da contribuição de especialistas que levam em consideração os saberes, a vivência e necessidade dos atores inseridos nas áreas que poderão ser atingidas pela implantação das atividades impostas. Esse processo de conhecimento contribui para que os planejadores territoriais possam tomar decisões que contribuem para a preservação dos seres que compõem o meio ambiente.

A natureza é composta por diversos bens naturais que devem ser preservados para que possa existir a vida dos seres que, hoje, compõem o nosso planeta. Um dos bens naturais de fundamental importância para manutenção da vida é a água. No entanto, na maioria das vezes, gestores e empreendedores desconsideram o valor desse bem natural até mesmo para as suas atividades e, conforme as ações humanas são implantadas logo são apresentados riscos ambientais.

Quando as avaliações do meio ambiente, antecedentes à implantação de atividades antrópicas, não são devidamente realizadas, normalmente aparecem implicações significativas, como por exemplo, erosão do solo, assoreamento, contaminação do solo e da água, entre outros graves problemas característicos do uso e ocupação do solo. Com isso, se estabelece um ambiente vulnerável.

Vulnerabilidade ambiental, segundo Tagliani (2003), é qualquer susceptibilidade – independentemente do seu grau – de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, avaliada segundo a fragilidade estrutural intrínseca; sensibilidade; e grau de maturidade dos ecossistemas. Sendo assim, Marambola Jr e Hogan (2004), afirmam que a vulnerabilidade é entendida como as qualidades intrínsecas do sistema (antrópico ou social), cidades, bacias hidrográficas, até grandes ecossistemas de resistirem ao perigo. Daí, ainda segundo esses autores, vem a ideia da definição do risco: "risco é uma situação ou uma condição". Esta definição é feita após o conhecimento do grau de

vulnerabilidade e do perigo, pois o risco é o resultado desta relação (MARAMBOLA JR; HOGAN, 2004). Segundo Girão et al. (2018, p.76), os seres humanos estão vulneráveis e suscetíveis ao risco enquanto o meio ambiente está suscetível à degradação.

Entende-se então que o risco é um produto da possibilidade de ocorrer algum fenômeno que induz acidentes que possivelmente gerarão perdas econômicas, sociais e ambientais em alguma área / comunidade / região. Neste sentido foi escolhido como objeto de estudo o alto curso do córrego Três Marcos e produtores rurais inseridos na comunidade Olhos D'Água.

Pressupõe-se que a área objeto deste estudo está susceptível à diversos riscos, pois parte da área da cabeceira do córrego Três Marcos está inserida na área urbana de Uberlândia e recebe águas pluviais oriundas de bairro adjacente. Sendo que, as águas desse córrego são direcionadas às áreas de horticulturas cultivadas pela comunidade Olhos D'Água, que são destinadas à CEASA – Central de Abastecimento de Uberlândia S/A de Uberlândia-MG.

Diante dessa realidade, a averiguação de ocorrências de impactos ambientais em um lugar serve como elemento indicativo para melhor identificar e localizar riscos em outros lugares (DAGNINO e CARPI JUNIOR, 2007). Assim sendo, o estudo da percepção sobre as alterações ambientais em um lugar e a possibilidade de riscos em outro é essencial, pois, de acordo com Carpi Junior (2001), quando efeitos do ambiente são percebidos pelo homem estes passam a ser considerados como risco ambiental. A partir disso, essa percepção sobre as alterações do ambiente pode levar à implantação de ações que visem a melhoria do ambiente e da qualidade de vida da população direta ou indiretamente afetada.

Dado o exposto, este trabalho teve como objetivo verificar as condições ambientais das áreas do alto curso do córrego Três Marcos em Uberlândia-MG e a percepção ambiental dos usuários das águas oriundas da cabeceira deste córrego quanto ao aspecto conservação do solo e da água, visando identificar os riscos ambientais presentes na paisagem da área de estudo e os potenciais riscos à população da comunidade Olhos D'Água.

2 | LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na porção leste do município de Uberlândia, no oeste do estado de Minas Gerais, na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. É cortada pelas rodovias BR-365, orientada na direção Nordeste-Sudoeste e pela BR-452, na direção aproximada Norte-Sul (Figura 01).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo – Alto curso do córrego Três Marcos – Uberlândia-MG

Fonte: OLIVEIRA, H.L.P.R. (2012)

Parte da bacia do alto curso do córrego Três Marcos já se encontra ocupada pelo setor urbano de Uberlândia e outra parcela é composta por glebas rurais do mesmo município. Este córrego é um dos afluentes do córrego Boa Vista “Olhos D’Água”, ambos, afluentes do Rio Araguari.

Na área do estudo estão localizados a nascente do córrego Três Marcos, dois pequenos afluentes sem denominação e dois canais artificiais denominados regionalmente por regos d’água. Um dos canais foi escavado na cabeceira deste córrego e transpõe parte das águas de suas nascentes para bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista (Olhos D’Água) e Tenda. A existência dessa captação, de acordo com as informações dos moradores mais antigos da área, remonta ao século XIX (OLIVEIRA, 2012). O outro rego d’água teve sua escavação realizada mais a jusante da cabeceira e suas águas seguem em direção ao médio curso do córrego Três Marcos, onde retornam para o mesmo córrego. Neste trabalho o canal artificial que tem seu início na cabeceira do referido córrego será denominado como Rego D’água 1 e o outro canal será chamado Rego D’água 2 (Figura 2).

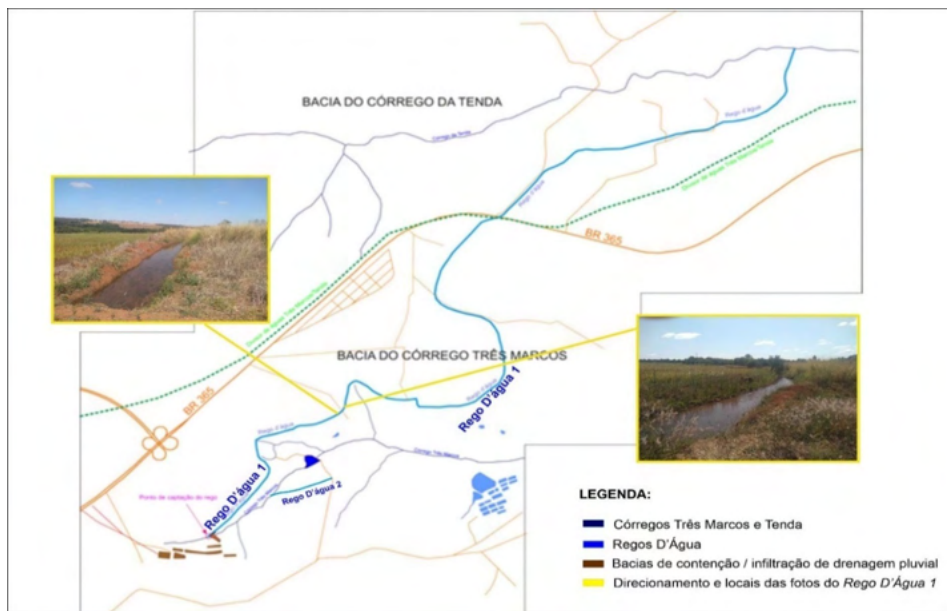



Figura 2 – Localização do *Rego D'Água 1* e *Rego D'Água 2* e o divisor de águas entre os córregos Três Marcos e Tenda – Uberlândia-MG.

Fonte: Acervo - Conselho Comunitário para o Desenvolvimento Rural da Região de Olhos D'Água – s/d. Adaptada por OLIVEIRA, H.L.P.R. (2020)

A ocupação humana do setor onde encontra-se a área de estudo teve início com a chegada de procedentes da região oeste da Província de Minas Gerais (Campo Belo, Oliveira, Tapicirica, Formigas e Santana do Jacaré), em 1827 (ARANTES, 2003). O mesmo autor menciona que, na fase de ocupação das áreas da bacia hidrográfica do córrego Três Marcos as características naturais como água, campos, florestas e clima propiciaram a presença dos primeiros plantios para subsistência e, consequentemente, dos primeiros povoados.

Inserido em parte da área de estudo encontra-se o bairro Morumbi que ocupa uma porção de relevo plano relacionado à grande chapada que se estende desde o município de Sacramento até Araguari.

A geomorfologia da área é caracterizada por relevo muito plano, suave e com baixas declividades, classificado como Áreas de Relevo de Topo Plano (BACCARO, 1989). Segundo a mesma autora, as superfícies de topo plano desenvolveram-se sobre arenitos da Formação Marília e estes, por sua vez, encontram-se recobertos pelos sedimentos cenozóicos.

Segundo Nishiyama (1989), nos topos dos chapadões, a Formação Marília é constituída predominantemente por arenitos imaturos em tons que variam de róseo a esbranquiçado, com níveis argilosos ou siltosos intercalados, sobrepostos a arenitos

conglomeráticos e lentes de calcário. Assim, na área de estudo, a formação Marília encontra-se recoberta por uma espessa camada pedológica, caracterizada como cobertura detrítica, que pode chegar a trinta metros de espessura.

Os solos característicos da área de estudo são os Latossolos Vermelho-Amarelos, Gleissolos e Cambissolos (OLIVEIRA, 2012).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, caracterizado como clima temperado úmido com inverno seco e verão quente e chuvoso. Dados de temperatura e precipitação obtidos no Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, referentes aos anos de 2007 a 2011 demonstraram que as médias pluviométricas e de temperatura encontradas foram, respectivamente, 1.461 mm e 23,1°C (OLIVEIRA, 2012).

A vegetação natural da área de estudo foi bastante alterada, haja vista esta área ter uma ocupação secular, porém, ainda restam alguns remanescentes de Cerrado *Stricto sensu,* Vereda e Mata de Galeria, atuando como importantes locais de refúgio para algumas espécies animais.

3 I PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa envolveu inicialmente uma revisão bibliográfica sobre a temática e, em seguida, foram realizados trabalhos de campo para fazer os levantamentos das condições ambientais da área objeto de estudo e dos dados da percepção de riscos da comunidade Olhos D'Água.

A revisão bibliográfica foi a respeito dos conceitos de paisagem, percepção de risco, vulnerabilidade, bem como da percepção da paisagem, que segundo Ab'Saber (1977), a paisagem é uma herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades. Esta revisão foi feita por meio da leitura de livros, teses, dissertações e artigos científicos.

As condições ambientais do alto curso do córrego Três Marcos foram verificadas por meio de trabalhos de campo onde se fez caminhadas e foi possível realizar anotações das características físicas e bióticas e das condições do uso do solo, além do registro fotográfico dos mais relevantes efeitos antropogênicos gerados na área. Com isso, a caracterização da área foi realizada por meio de análise descritiva de cunho qualitativo, conforme Freitas e Jabbour (2011). Para esses autores, a função desse método é a descrição através da interpretação do fenômeno do objeto a ser estudado.

Os trabalhos de campo serviram também para a realização de encontro com representantes da comunidade Olhos D'Água. Este encontro serviu para realizar o diálogo não estruturado, em momentos de bate papo, visando levantar dados referentes a percepção desses sujeitos em relação aos riscos socioambientais que os mesmos observam na área de estudo, almejando melhor entendimento sobre esses riscos.

Para isso, utilizou-se da abordagem qualitativa, por meio de diálogo não estruturado, similar a entrevista não estruturada, com os envolvidos e, a pesquisadora foi anotando, em uma caderneta, os depoimentos dos participantes. Assim, houve a possibilidade de refletir sobre a realidade que os agricultores familiares da mencionada comunidade vivenciam, como também os problemas ambientais enfrentados por eles.

> A avaliação da percepção da população local sobre os riscos e problemas ambientais, além possibilitar a obtenção de informações relevantes para a gestão a partir do olhar de quem vive no lugar, pode contribuir para o desencadeamento de um processo educativo e preventivo a partir do estreitamento do contato entre os técnicos, gestores públicos e a comunidade (OLIVATO et al., 2014, p.352).

Além do afirmado por Olivato et al. (2014), pode-se assegurar que as informações adquiridas pela avaliação da percepção dos sujeitos inseridos numa área vulnerável possibilitam a tomadas de decisões para gerir adequadamente áreas susceptíveis a risco.

O diálogo não estruturado ocorreu num espaço reservado para reuniões da comunidade e teve uma duração aproximada de sessenta minutos, com espaçamento de dois metros entre os envolvidos, os quais estavam utilizando de equipamentos de proteção contra COVID 19. Neste bate-papo foram discorridos alguns pontos, como por exemplo: modificações percebidas na paisagem ao longo do tempo; a importância das águas oriundas da cabeceira do córrego Três Marcos para eles; formas de manejo do solo no passado e presente pelos ocupantes das áreas do alto curso do córrego Três Marcos; entre outros comentários de grande relevância neste estudo.

Esta conversa foi anotada e transcrita logo após o encerramento do diálogo, procurando manter as falas dos envolvidos e fazer uma interpretação do discurso de forma a evidenciar o sentido do texto e seu conteúdo.

O emprego do termo risco ambiental foi utilizado nesta pesquisa no mesmo sentido descrito em Lima e Dornfeld (2014) onde risco ambiental significa uma "possibilidade de degradação do componente (desestruturação, contaminação), sendo qualitativo e na maioria das vezes adimensional em termos de ocorrência e magnitude de impacto" (BORDEST, 1992; PIRES, 1995; FREITAS LIMA, 2007 apud LIMA; DORNFELD, 2014, p. 183).

A pesquisa realizada por intermédio do diálogo não estruturado propicia uma interação social, ocorrendo uma troca de ideias e de significados entre os participantes (pesquisador e camponeses), onde várias realidades e percepções são exploradas e desenvolvidas (BAUER; GASKELL, 2008). Essa troca ocorre principalmente pela fala, mas também há influencias do olhar, do tom de voz, da forma de abordagem e linguagem, e todos se envolvem na produção do conhecimento pela troca dos diferentes saberes.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Condições ambientais / riscos presentes no alto curso do córrego Três Marcos

A área urbana de Uberlândia está avançando rapidamente e já ocupa parte da área do alto curso do córrego Três Marcos, distando aproximadamente 300 metros de suas principais nascentes, o que facilita a circulação de pessoas nas áreas das nascentes, procurando um lugar que o sirva para o lazer e, consequentemente, mais degradação ocorre na área.

Os afloramentos de água na cabeceira do córrego Três Marcos e também a jusante são característicos de nascentes do tipo difusas, ou seja, são áreas saturadas em água formando um ambiente brejoso, os quais podem gerar fluxos contínuos de água. As nascentes ali identificadas apresentam fluxos perenes. Neste ambiente, há processos erosivos de todas as formas.

A vegetação nativa foi quase que totalmente suprimida. Há vegetação somente em parte da área de preservação permanente – APP representada pelas fitofisionomias mata galeria e veredas. A APP encontra-se desprovida de um cercamento adequado e, com isso, as pessoas e os animais tem acesso fácil a área, gerando impactos negativos no local. As outras parcelas da área são compostas por pastagens e culturas anuais.

Na margem direita do mencionado córrego, mas especificamente em sua cabeceira de drenagem, foram instaladas bacias (ou lagoas ou bolsões) de contenção/infiltração que fazem parte do sistema de drenagem pluvial implantado para direcionar as águas pluviais oriundas do bairro Morumbi. Este sistema foi projetado pelo DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto com o objetivo de solucionar as inundações que ocorrem anualmente neste bairro. Essas bacias de contenção/infiltração têm a função de reduzir o escoamento para um nível compatível com a capacidade do meio receptor, com isso, as águas vão infiltrando no solo.

Alguns dos bolsões estão inseridos na área de preservação permanente (APP) do córrego Três Marcos e possuem um sistema de vertedor, que é um extravasor de águas, com a finalidade de evitar que as águas pluviais escoem por cima dos diques da bacia de contenção / infiltração. Contudo, verifica-se que ocorreu o rompimento de alguns deles, o que gerou processos erosivos provocando a formação de voçorocas. Uma das voçorocas recebeu como medida de contenção o seu aterramento com resíduos de construção civil, porém sem muito sucesso. Já outra foi entulhada, cimentada e ao final dela foram dispostos matacões com intuito de solucionar o problema. No entanto, percebe-se que estas tentativas de recuperação / contenção das voçorocas têm provocado mais problemas ambientais nas áreas de afloramentos. Ainda nesta área - no entorno das bacias de contenção-infiltração - estavam presentes animais (equinos e bovinos).

Foi verificado que as bacias de contenção / infiltração não recebem manutenção, bem como todo o sistema de drenagem pluvial instalado, pois o odor fétido no ambiente e

a coloração da água evidencia isso. Há espécies de vegetação invasoras predominando no entorno dessas bacias e as erosões vêm se acentuando em algumas delas.

As constatações relacionadas as erosões mostram o quanto a área do alto curso é vulnerável. De acordo com Metzger et al. (2006); Figueiredo et al. (2007); Choudhary; Singh; Kupriyanov (2018) apud Araújo (2019, p. 15),

> A vulnerabilidade ambiental está relacionada à susceptibilidade de uma área em sofrer danos, quando submetida a uma determinada ação antrópica e é uma função dos potenciais impactos, do grau de sensibilidade do meio à mudança e da sua capacidade de adaptação.

A erosão contribui para a redução da capacidade produtiva dos solos, bem como afeta a qualidade dos recursos hídricos pelo aporte de sedimentos e nutrientes (MERTEN; MINELLA, 2003; ZHANG et al., 2017). Isso contribui para o assoreamento do corpo d'água e eutrofização.

No primeiro bolsão que recebe as águas pluviais percebe-se um odor insuportável, característico de E.T.E. – Estações de Tratamento de Esgoto. A água presente neste bolsão tem coloração preta e textura igual ao lodo. Esse "lodo" está presente em toda a área do tanque de infiltração, mas é nos primeiros dez metros após o ponto de entrada da drenagem pluvial ao tanque, onde se percebe maior quantidade desse material (Figura 3).

Figura 3 – (A) Condições do 1º bolsão de infiltração / contenção do sistema de drenagem pluvial; (B) Características da água do mesmo bolsão: cor preta e textura de lodo.

Fotos: OLIVEIRA, H.L.P.R. (2020)

Apenas em um local do curso do córrego Três Marcos foi verificada cor escura na água, mesmo assim, em todos os pontos observados foi evidenciado um odor forte. A condição de coloração escura pode ter sido ocasionada pelo arraste de sedimentos que ocorre diretamente para este ponto, o que pode alterar a coloração e a turbidez da água. Já o odor relaciona-se a possível lançamento de esgoto clandestino ao sistema de drenagem

pluvial que tem seu lançamento final a montante deste ponto observado.

Resíduos sólidos de diversas tipologias foram encontrados ao longo da área, as margens do córrego e também em seu canal, tais como: roupas, calçados, brinquedos infantis, sacolas plásticas, fraldas descartáveis, papelão, absorventes, preservativo; bem como resíduos de infraestrutura urbana, como postes de energia elétrica danificados.

Em dois dos trabalhos de campo realizados na área de estudo foi possível deparar com pessoas se banhando, utilizando das áreas de nascente para o lazer. Neste ponto, foi feito um aprofundamento no solo pelas próprias pessoas que adentram clandestinamente a área, formando ali um pequeno poço. Foi também verificada uma estrutura representativa de uma mini churrasqueira feita com restos de tijolos sobrepostos. Nesta estrutura estava presente carvão, evidenciando que foi realizado um churrasco, o que comprova que o local é utilizado para o lazer. Outra evidencia deste uso é a presença de resíduos sólidos encontrados nas proximidades e no poço, como sacolas plásticas de supermercados, restos de comida, fraldas descartáveis, chinelos, entre outros.

Vale mencionar que é justamente nesta porção da cabeceira onde está inserido o ponto inicial do rego d’água que abastece várias propriedades da agricultura familiar inseridas a jusante. O cercado de arame instalado para dificultar o acesso a esse ambiente está parcialmente destruído.

Os resíduos sólidos encontrados nas áreas de nascentes são também depositados ali pelas enxurradas oriundas das adjacências, haja vista que há deficiência na interceptação das águas pluviais nas áreas de cultivos e pastagem que estão a montante das nascentes. Há carência de implantação de técnicas de conservação do solo na época que estão preparando o solo para o plantio. O terraceamento é mal dimensionado, alguns terraços estão interrompidos e algumas áreas são desprovidas de técnicas de conservação dos solos e das águas, gerando processos erosivos nas glebas e carreamento de sedimentos para os regos d’água e para as nascentes em momentos de chuvas, fazendo com que ocorra o assoreamento dos corpos d’água.

Processos erosivos no estágio inicial em forma de sulcos e também ravinas estão presentes em quase toda extensão das áreas de nascentes, gerando uma alteração do relevo. Percebe-se que está ocorrendo a modificação do gradiente altimétrico no ambiente de nascentes, onde já existe o início de formação de canais fluviais a partir dos processos erosivos desenvolvidos em decorrência da falta de manejo adequado do solo e também pela falta de vegetação na APP. Esta modificação da estrutura da paisagem pode causar diversos problemas ambientais

> O uso e ocupação desordenado do solo e a exploração dos recursos naturais têm causado degradação nos mais diversos ambientes. Na busca pelo desenvolvimento sustentável é necessário que se considere a vulnerabilidade dos ambientes naturais frente às interações das atividades antrópicas sobre o meio ambiente (ROSS, 1994; CHOUDHARY; SINGH; KUPRIYANOV, 2018; apud ARAÙJO, 2019, p.26).

Impactos ocorridos na paisagem como erosão acelerada, supressão de vegetação em locais proibidos, incêndios florestais, poluição da água, do ar e dos solos são riscos decorrentes dos efeitos causados pela atividade humana, denominados de riscos antropogênicos (VEYRET, 2007).

A figura 4 representa as condições ambientais da área do presente estudo.

Figura 4 – Condições da cabeceira do córrego Três Marcos – erosões; mudança de gradiente; aprofundamento da superfície da área brejosa (poço); resíduos sólidos dispostos em APP

Fotos: OLIVEIRA, H.L.P.R; MIRANDA, T.H; SILVA, J.D. (2020)

Organização: OLIVEIRA, H.L.P.R. (2020)

Verifica-se que as ações antrópicas estão atingindo negativamente o alto curso do córrego Três Marcos, tanto pelas atividades agropecuárias quanto pelo processo de urbanização. Diante dos impactos presentes na área, que também foram gerados pela implantação de equipamento urbano, os planejadores urbanos, conforme Furlan e Spinelli (2019), precisam projetar a cidade com restrição de usos em determinadas áreas – mesmo que o mercado imobiliário pressione – e implementar ações continuadas, como replantio de vegetação nativas ao longo dos córregos, revitalização de áreas de nascentes, entre

outras, visando o restabelecimento do ambiente e a sua preservação.

Os planejadores ambientais devem adotar o ordenamento territorial para conceder o uso e ocupação de áreas, pois

> o ordenamento territorial é considerado como um instrumento de gestão de bacias hidrográficas que visa orientar o processo de ocupação e transformação do território de acordo com sua capacidade de carga ou aptidão. Em termos de água, a organização territorial pode ser traduzida em proteção de bacias hidrográficas. Essa possibilidade pode ser materializada por meio de um zoneamento adequado, que incluiria a exclusão e a regulação de certas atividades com o objetivo de harmonizar o desenvolvimento socioeconômico local com a proteção dos recursos hídricos e a mitigação do efeito de fenômenos naturais extremos. Nesse sentido, o plano de recursos hídricos e o zoneamento ambiental podem manter interfaces e mecanismos institucionais de integração, como o plano diretor de cidades, para o aumento da eficiência na gestão pública (JOURAVLEV, 2003; RUFFATO-FERREIRA, 2018 apud DOS SANTOS et al., 2019, p. 69).

Martini e Biondi (2015), afirmam que, num cenário como o verificado no alto curso do córrego Três Marcos, é perceptível a ausência de precauções que visem proteger o ambiente natural, como consequência instala-se sérios impactos na área, principalmente, nos corpos hídricos.

Diante da atual condição ambiental averiguada no alto curso do córrego Três Marcos, nota-se que este corpo d'água encontra-se em risco de servir suas águas à população usuária das mesmas.

Percepção ambiental / riscos ambientais na visão dos camponeses da comunidade Olhos D'Água

Diante do diálogo estabelecido com representantes da comunidade Olhos D'Água, foi obtida a visão desses participantes, os quais representam a percepção, os sentimentos e as angústias dos demais camponeses da comunidade. Com isso, foi possível estabelecer uma conversa, na qual um ou mais participantes mencionavam alguns pontos e assuntos e outros iam complementando quando desejavam. Após esse bate-papo, realizou-se a verificação das anotações do diálogo e a reflexão sobre este, reestruturando-o e procurando deixa-lo análogo as falas dos participantes.

As transformações da paisagem ao longo do tempo são percebidas pelos sujeitos envolvidos. Estes evidenciaram algumas mudanças, como as ocorridas nas estradas, as quais foram alargadas e recebem umectação tentando minimizar os efeitos gerados pelo aumento do trânsito dos veículos automotores, como a poeira. Mencionaram que algumas ações de certos produtores alteram negativamente a paisagem, influenciando na qualidade e quantidade das águas que chegam para eles por meio do *Rego D'água 1*. Nesta menção houve a explicação de que, quando um determinado produtor vai preparar a área para o plantio, o mesmo retira cada vez mais os remanescentes de vegetação nativa e, neste ano, retirou as “curvas de nível” que existiam na área. Na percepção desses sujeitos irá ocorrer

erosões e carreamento de sólidos até o *Rego D'Água 1* quando as chuvas torrenciais chegarem, proporcionando assim o assoreamento do mesmo e a diminuição da água.

Relataram que todos os anos, os usuários das águas oriundas do *Rego D'água 1* se unem para realizar a limpeza do mesmo e quando um deles não pode ir, paga outra pessoa para ir, mas todos usuários participam, senão falta água e este rego d'água é tudo para eles. Todos se ajudam, pois a maioria é parente de sangue e os que não são, se tornam. Depois da limpeza feita percebem o quanto a água fica transparente e o volume aumenta (Figura 5).

Figura 5 – Limpeza do rego d'água - situação antes e depois da limpeza

Fonte: Acervo - Camponeses da Comunidade Olhos D'Água – Autor: CARRIJO, R. R. (2020)

Organização: OLIVEIRA, H.L.P.R. (2020)

A preocupação desses sujeitos em manter a qualidade e quantidade de água da cabeceira do córrego Três Marcos é evidente e demonstrada através de diversas parcerias que eles fazem por meio de projetos de pesquisas de algumas universidades e faculdades. Contudo, se deparam com a dificuldade em implantação completa dos projetos pela falta de recursos financeiros. Um exemplo dado por eles é a necessidade urgente de recuperar a APP do mencionado córrego.

Atualmente, a comunidade aguarda retorno do aceite ou não do *Projeto de Revitalização do Rego Três Marcos – Olhos D'Água,* o qual foi elaborado pelo Conselho Comunitário Olhos D'Água com objetivo de solucionar impactos ambientais encontrados no alto curso do córrego Três Marcos, como: o assoreamento existente em sua cabeceira; as erosões formadas nas proximidades do rego d'água (*Rego D'Água I*) decorrentes do rompimento da bacia de contenção/infiltração da drenagem pluvial; represamento das águas a montante da ponte sobre o *Rego D'Água I*, que está perdendo águas por conta de defeitos nas manilhas da ponte. Para isso, o projeto apresenta as ações necessárias a serem implantadas para solucionar tais problemas, bem como o valor estimado para implantação das medidas propostas. Assim, objetivam preservar as nascentes que

contribuem para a perenização da vazão do *Rego D'Água I*. Tais medidas é indispensável para darem continuidade as atividades desenvolvidas pelos camponeses da comunidade (irrigação de lavouras e dessedentação de animais), e assim, garantir a rendas das famílias e a manutenção das moradias rurais. Vale aqui enfatizar a menção de um participante do diálogo não estruturado deste estudo, o qual referenciou que 50% dos produtos de horticultura existentes na CEASA são oriundos da produção da agricultura familiar realizada na comunidade Olhos D'Água.

A preocupação com a preservação das nascentes é enfatizada por eles a todo momento, bem como com a segurança pessoal dos usuários que precisam verificar, frequentemente, o ponto inicial do *Rego D'água 1*. Os produtores tem percepção da importância da preservação das áreas de nascentes. No seu modo rústico de serem, eles têm o conhecimento dos ciclos da natureza e compreendem que para manter a quantidade de água que brota na cabeceira do córrego Três Marcos é necessária a implantação de medidas de preservação e manutenção periódica das mesmas. Nesse sentido, eles disseram que não podem viver sem as águas oriundas da cabeceira do córrego Três Marcos, pois elas abastecem cerca de 46 propriedades. Relataram que poucas propriedades tem água fornecida pelo DMAE, por captação em cisterna e poços tubulares, mas a maioria usa as águas do rego d'água para plantar. Disseram ainda que, depois de um projeto desenvolvido na comunidade, conseguiram fazer outorga desse rego. Receberam também ajuda de uma dedicada professora da Universidade com projeto para regularizar as propriedades com outorga, reserva legal, enfatizando que se não fosse essa ajuda, não conseguiriam regularizar a situação ambiental e teriam problemas com autuações, e agora almejam ajuda para revitalizar a cabeceira do córrego mencionado.

Mencionaram também que se sentem inseguros adentrar a área de cabeceira por conta de o local estar sendo usado por pessoas entranhas, as quais já alteraram as feições do ambiente de nascentes d'água, formando lá um poço para servir como lugar de lazer. Mencionam também que se não forem tomadas providencias ficarão sem água para todos, pois quase todo ano alguém fica sem água.

Diante do exposto pelos camponeses em relação a sua percepção de risco, confere que o entendimento deles se enquadra no que Veyret (2007) apresenta em sua obra, na qual, a noção de risco é entendida como a percepção por um indivíduo ou por um grupo social do perigo, de perdas e danos, de uma catástrofe possível. A autora refere que não há riscos sem indivíduos que possam perceber ou sofrer seus efeitos.

Em relação ao que fazer para evitar a degradação total da área, esses sujeitos acreditam que, além das medidas propostas no projeto de revitalização já mencionado, o DMAE deveria cumprir com a manutenção das bacias contenção/infiltração da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi, bem como das áreas do entorno destas bacias. Nesse sentido, eles enfatizam que já participaram de muitos projetos, mas não foi possível implantar todas as medidas necessárias a melhoria da área por falta de auxílio financeiro

e até se sentem desanimados, mas prosseguem insistindo, mesmo não sendo vistos pelos poderes públicos e privados. Alegaram que tem áreas sendo arrendadas, o que tem levado a supressão de vegetação natural das APPs dos cursos d'água.

Percebe-se que os produtores familiares que utilizam as águas da cabeceira do córrego Três Marcos são muito receptivos a tudo que se possa fazer para preservar a área e se comprometem em auxiliar e participar no que estiver dentro de suas possibilidades.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo proporcionou uma avaliação prévia sobre as condições ambientais da área e a pressão exercida aos recursos hídricos no alto curso do córrego Três Marcos frente a ocupação antrópica ocorrida nos últimos anos, o que está expondo a população, em especial, os camponeses da comunidade Olhos D'Água a situações de riscos e de vulnerabilidade socioambiental.

Constatou que o desenvolvimento urbano realizado sem medidas de conservação e preservação da natureza tem exposto a área de estudo e também uma parcela da população de Uberlândia a riscos socioambientais, pois o plantio de horticulturas desenvolvido pela comunidade Olhos D'Água depende das águas da cabeceira do córrego Três Marcos e, sua produção é destinada ao consumo de alimentos deste público.

Os efeitos das ações antrópicas, desconsiderando um manejo adequado do solo, apresentam a vulnerabilidade do alto curso do córrego Três Marcos, que possui uma paisagem degradada decorrentes do mau uso e ocupação do solo.

O diálogo não estruturado realizado com os sujeitos que estavam representando a comunidade foi essencial para este estudo, pois permitiu conhecer a relação dessas pessoas com o ambiente desde o processo de ocupação da região. Com isso, constatou-se a preocupação dos camponeses em preservar as nascentes do córrego Três Marcos, a fim de garantir às futuras gerações o uso desse recurso hídrico tão importante para eles. Além disso, pode-se perceber que as questões ambientais estão presentes no cotidiano e na consciência de cada um desses sujeitos e que eles possuem bom entendimento do impacto das atividades antrópicas sobre o ambiente. Estes deixaram evidente que, o que falta é a sensibilização e a união do poder público e privado visando a mitigação de danos e os impactos negativos que já estão ocorrendo na área objeto de estudo deste trabalho.

O estudo levou ao entendimento de que a percepção dos camponeses aliada à percepção do investigador propiciou sinergismo para a compreensão da realidade local. Mostrou que a percepção em relação aos impactos coincide com a atual condição ambiental da área, demostrando a importância dos saberes locais para uma completa avaliação do ambiente. Entretanto, o que ocorre é uma crise de percepção por parte dos gestores públicos e de alguns "produtores rurais" que, segundo Capra (1996), é a crise onde se encontra a sociedade e a ciência, ficando clara a necessidade de uma adoção de análise

dos problemas ambientais de forma sistêmica, ou seja, reconhecer que esses problemas estão interligados e interdependes.

A investigação da topofilia dos camponeses da comunidade Olhos D'Água em relação ao alto curso do córrego Três Marcos elucidou as características mais apreciadas do local, e que por isso, estas merecem destaque em projetos que visem despertar essa conexão sentimental dos camponeses ao lugar e reduzir/excluir a topofobia poucas vezes percebidas no diálogo realizado com esses sujeitos.

A conexão sentimental dos camponeses em relação as nascentes do córrego Três Marcos e a importância dessas águas para a comunidade justificam a motivação desses sujeitos em participar do manejo adequado da área.

A falta de participação / atenção por parte do poder público, em todas as épocas, é evidenciada por esses sujeitos. Estes enfatizam que precisam de recursos financeiros para solucionar os problemas, pois vontade em recuperar e preservar a área eles têm e já implantam algumas medidas que cabem a eles.

Os estudos sobre percepção de riscos ambientais são bastante considerados devido ao agravamento dos problemas ambientais que acabam afetando negativamente o modo de vida das pessoas e colocando as mesmas frente a situações de risco.

Nessa perspectiva, o estudo da paisagem por meio da percepção de risco vem reforçar a necessidade de implantar medidas para amenizar os danos causados a natureza e as populações humanas, as quais devem levar em conta a percepção, o conhecimento e aceitação do risco pela população, pois a redução da vulnerabilidade é possível de ocorrer quando há compreensão dos fenômenos pelos indivíduos envolvidos nas relações do território em questão.

Finalmente, a investigação da atual condição ambiental do alto curso do córrego Três Marcos e da percepção de camponeses da comunidade Olhos D'Água aos riscos ambientais, proporciona informações úteis à elaboração de planejamento ambiental capaz de formular e implantar projetos de conservação e preservação das áreas de nascentes deste córrego, que são indispensáveis ao ecossistema aquático e terrestre.

REFERÊNCIAS

AB´SABER, A. N. **Potencialidades paisagísticas brasileiras**. Boletim Geomorfologia, 55. São Paulo: Inst. de Geografia da USP, n. 55, 1977.

ARANTES, J. **Cidade dos Sonhos Meus – Memória Histórica de Uberlândia**. 1. Ed. Uberlândia: Edufu, 2003. 167 p.

ARAÚJO, I. N. F. **Mapeamento e análise da vulnerabilidade ambiental induzida pelo uso e ocupação do solo em uma unidade de planejamento hidrológico no semiárido brasileiro. 2019**. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

BACCARO, C. A. D. **Unidades geomorfológicas do município de Uberlândia** – MG. Sociedade & Natureza. Uberlândia, n.1, ano 1, p. 13-22, jun., 1989.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático**. 7ª ed. São Paulo: Vozes, 2008. 516 p.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos.** São Paulo: Cultrix, 1996. 249 p.

CARPI JUNIOR, S. **Processos erosivos, riscos ambientais e recursos hídricos na Bacia do Rio Mogi-Guaçu. 2001. 188p**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. 2001.

DAGNINO, R. de S.; CARPI JUNIOR, S. **Risco ambiental: conceitos e aplicações**. CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem [online] Rio Claro/SP, Brasil, v. 2, n. 2, p. 50-87, julho/dezembro 2007.

DOS SANTOS, S. L.; FERNANDES, V. O.; MEDEIROS, Y. D. P. **Sustentabilidade de cidades no contexto da integração entre a gestão de recursos hídricos e o planejamento urbano territorial**. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 29, n. 2, p. 55-75, jan. 2020., EISSN 2595-2064. Disponível em: <http://publicacoes.sei.ba.gov.br/index.php/bahiaanaliseedados/article/view/2236>. Acesso em: 10 set. 2020.

FREITAS, W.R.S.; JABBOUR, C.J.C. **Utilizando estudo de caso (s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões**. Estudo e Debate, Lajeado, v. 18, n. 2, p. 07-22, 2011.

FURLAN, A. R.; SPINELLI, J. **PLANEJAMENTO E HIDROGRAFIA: estudo das bacias hidrográficas do perímetro urbano de Erechim/RS, utilizando software QGIS**[i]. Revista OKARA: Geografia em debate. João Pessoa, v. 13, n. 1, p. 3-25, 2019. ISSN: 1982-3878. Disponível em: **DOI: <**https://doi.org/10.22478/ufpb.1982-3878.2019v13n1.35399>. Acesso em: 01 jul. 2021.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. **Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade**. REGNE – Revista de Geociências do Nordeste, v. 4, n. Especial, p. 71-83, 23 maio 2018. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/198008271032014>. Acesso em: 03 set. 2020.

LIMA, E. A. C. F.; DORNFELD, C. B. **Riscos ambientais associados à ocupação antrópica no entorno de uma unidade de conservação**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 3, 2014 p. 178-187. Disponível em: < DOI: http://dx.doi.org/10.17271/198008271032014>. Acesso em 10 dez. 2021.

MARANDOLA Jr, E; HOGAN, J. D. **O risco em perspectiva: tendências e abordagens**. Geosul, Florianópolis, v. 19, n. 38, p. 25-58, jul./dez. 2004.

MARTINI, A.; BIONDI, D. **Microclima e Conforto Térmico de um Fragmento de Floresta Urbana em Curitiba**, PR. Revista Floresta e Ambiente, v. 22, n. 2, p.182-193, 2015.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. **Projeto de monitoramento ambiental de microbacias hidrográficas** – RS-RURAL, subprojeto 7. Porto Alegre: IPH-UFRGS, 2003. 89p.

NISHIYAMA, L. **Geologia do Município de Uberlândia e áreas adjacentes**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, n. 1, p. 9-16, jun., 1989.

OLIVATO, D.; GALLO JUNIOR, H.; LOMBARDO, M. A. **Participação social na prevenção de riscos ambientais: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Indaiá – Ubatuba-SP- Brasil**. In: III Congresso Internacional de Riscos, 2014, Guimarães. Multidimensão e Territórios de Riscos. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2014. v. 1. p. 349-352.

OLIVEIRA, H. L. P. R. **Análise da Influência dos Fatores Naturais e Antrópicos na disponibilidade hídrica no alto curso do córrego Três Marcos: subsídio para gestão integrada das águas superficiais e subterrânea. 2012**. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. **Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos.** Scientia Plena, v.15, n.2, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2019.025301>. Acesso em: 12 jul. 2020.

TAGLIANI, C. R. A. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informação**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais. São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1657-1664.

VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto.2007. 320 p.

ZHANG, S.; FAN, W.; Li Y.; YI Y. **The influence of changes in land use and landscape patterns on soil erosion in a watershed.** Science of the Total Environment, v.574, p.34-45, 2017.

CAPÍTULO 3

DETERMINAÇÃO DE ZINCO E CHUMBO NO SEDIMENTO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA BACIA ARROIO MOREIRA/FRAGATA

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 02/09/2021

Lidiane Schmalfuss Valadão
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSUL
Pelotas – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/0171832404544043

Beatriz Regina Pedrotti Fabião
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSUL
Pelotas – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/7146797107160873

Jocelito Saccol de Sá
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSUL
Pelotas – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/1584664621921256

Pedro José Sanches Filho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSUL
Pelotas – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/9785390634457316

RESUMO: A Bacia do Arroio Moreira/Fragata, percorre a área urbana e rural, abrangendo os municípios de Pelotas/RS, Capão do Leão/RS e Morro Redondo/RS. A influência antrópica ao entorno impacta negativamente a qualidade da água e dos sedimentos dos recursos hídricos. Esse trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos pH e condutividade elétrica da água e o nível dos metais zinco e chumbo no sedimento da Bacia do Arroio Moreira/Fragata em 6 pontos distribuídos ao longo do recurso hídrico. As análises de pH e condutividade foram determinadas *in loco.* A quantificação dos metais foi determinada em espectrofotômetro de absorção atômica de chama. Adicionalmente avaliou-se a composição granulométrica pelo método de peneiras e a umidade do sedimento. Os valores de pH mantiveram-se na faixa estipulada pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 2, enquanto que a condutância variou de 67,20 a 107,17 μS cm^{-1}. As concentrações de zinco indicam possibilidade de riscos a biota aquática, já o chumbo se manteve próximo ao valor de referência natural, seguindo os mesmos padrões em relação a composição granulométrica (<63 μm) e umidade no sedimento. Através dos resultados da água e do sedimento se observa que o corpo hídrico apesar de apresentar baixa poluição, tende a concentrar a contaminação no seu baixo curso.

PALAVRAS-CHAVE: Metal, Sedimento, Absorção atômica, Contaminação.

DETERMINATIO OF ZINC AND LEAD IN SEDIMENT AND PHYSICAL AND CHEMICAL WATER ASSESSMENT BASIN STREAM MOREIRA/FRAGATA

ABSTRACT: The Arroio Moreira/Fragata Basin runs through urban and rural areas, covering the municipalities of Pelotas/RS, Capão do Leão/RS and Morro Redondo/RS. The anthropogenic influence to the surroundings negatively impacts the quality of water and sediments in water resources. This work aimed to evaluate the

physical-chemical parameters, pH and electrical conductivity of water and the level of metals zinc and lead in the sediment of the Arroio Moreira/Fragata Basin in 6 points distributed along the water resource. The pH and conductivity analyzes were determined in loco. The quantification of metals was determined in a flame atomic absorption spectrophotometer. Additionally, the granulometric composition was evaluated by the sieves method and the sediment moisture. The pH values remained within the range stipulated by CONAMA 357/05 for class 2 waters, while the conductance ranged from 67.20 to 107.17 μS cm^{-1}. Zinc concentrations indicate a possible risk to aquatic biota, as lead remained close to the natural reference value, following the same standards in relation to particle size composition (<63 μm) and sediment moisture. Through the results of water and sediment, it is observed that the water body, despite having low pollution, tends to concentrate the contamination in its short course.
KEYWORDS: Metal, Sediment, Atomic Absorption, Contamination.

1 | INTRODUÇÃO

A Bacia Arroio Moreira/Fragata, encontra-se inserida na grande Bacia Litoral 40, do sistema hidrográfico do estado do Rio Grande do Sul (L40-RS), sendo uma das vinte e seis bacias do complexo hídrico do estado. Devido a importância desse arroio sob diversos aspectos e seus usos, torna-se necessário e permanente o monitoramento das suas águas e dos seus leitos, além de assegurar extração exclusivamente legal das areias das suas bacias (NETO, 2009).

A água é composta por propriedades físico-químicas equilibradas, tornando-se essencial para a manutenção das diversas formas de vida (GOMES DA SILVA *et al.*, 2014). No entanto, as diversas atividades antropogênicas têm provocado mudanças na qualidade deste recurso, sendo importante fonte de contaminantes e poluição por metais pesados (ZHANG *et al.*, 2016). Os recursos hídricos e seus sedimentos sofrem impacto de várias fontes, como atividades industriais, tráfego, áreas urbanas, agricultura, levando ao colapso dos ecossistemas aquáticos costeiros, que são importantes para preservação e equilíbrio da vida. (SHARLEY *et al.*, 2016; MOREIRA 2014).

Os metais são considerados, não biodegradáveis e estão associados a efeitos nocivos podendo oferecer riscos ambientais, pois apresentam características tóxicas e sofrem o fenômeno de bioacumulação na biota, ou seja, o incremento da concentração dos metais ao longo da cadeia trófica (SHARLEY *et al.*, 2016; LACERDA e MARINS, 2006).

Segundo Souza *et al.* (2015), como consequência deste processo, os níveis de metais na cadeia alimentar alcançam valores superiores dos que se encontram na água. Esses metais, ao serem lançados nos corpos hídricos sofrem partição entre a água e os particulados suspensos, sendo que parte desta carga é metabolizada pela flora e fauna local, e parte se deposita nos sedimentos de fundo. De acordo com Hortellani *et al.* (2008), a poluição dos sedimentos está intimamente ligada com a poluição das águas através de diversas fontes.

Como os sedimentos são levados pelos afluentes para outro curso de água, as análises desta matriz em vários pontos de uma região de interesse servem para rastrear fontes de contaminação ou monitorar esses contaminantes, já que estes podem provocar impactos no ecossistema devido as suas toxicidades (VALADÃO *et al*., 2016). Além disto, as propriedades de acúmulo e redisposição de contaminantes, como os metais, pelo sedimento fazem com que este seja considerado um indicador para monitoramento e estudos de impacto ambiental, pois registram em caráter mais permanente os efeitos de contaminação (YANG *et al*., 2012; FLYNN *et al*., 2011).

Os metais presentes no sedimento podem ser remobilizados para a coluna d'água através de mudanças nas características físico-químicas, alterando a qualidade do corpo hídrico, além de se tornar disponíveis para a incorporação pelos organismos presentes nesse meio (TORRES *et al*., 2008 apud RANGEL e SANCHES FILHO, 2013).

Segundo Esteves (1988), nos ecossistemas aquáticos, os metais que têm função biológica participam nos processos fisiológicos dos organismos aquáticos, os demais são geralmente tóxicos a uma grande variedade de espécies. Assim, mesmo que o metal tenha função biológica definida, quando em concentrações acima das normalmente encontradas no ambiente, pode apresentar toxicidade aos organismos vegetais e animais.

Diferentes estudos estão sendo desenvolvidos na região de Pelotas/RS, com finalidade de avaliar a presença e acúmulo de metais em diferentes compartimentos, com valores significativos frente aos limites estabelecidos, como os trabalhos de: Valadão *et al*. (2016) no Canal São Gonçalo; Rangel e Sanches Filho (2013) no Canal do Prolongamento da Av. Bento Gonçalves; Betemps e Sanches Filho (2012), no Pontal da Barra; e Pinto *et al*. (2013) em camarões.

Diante destes estudos, pouco se conhece sobre o comportamento dos metais na Bacia do Arroio Moreira/Fragata, indicando a necessidade de avaliação desta área.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar parâmetros físico-químicos da água e o teor dos metais zinco (Zn) e chumbo (Pb) em amostras de sedimento da Bacia Arroio Moreira/Fragata, além de avaliar os teores de umidade e granulometria do sedimento, visando a determinação do grau de contaminação deste recurso hídrico.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As amostras de água e sedimento foram obtidas em seis pontos distribuídos ao longo da Bacia Arroio Moreira/Fragata (Figura 1) em abril de 2016. Os pontos de amostragem foram: P1 (31°45'59.97"S e 52°23'50.32"O) jusante a uma indústria de laticínios; P2 (31°45'09.30"S e 52°24'09.55"O) montante a indústria de laticínios e jusante de uma indústria de conservas; P3 (31°44'56.94"S e 52°24'52.76"O) jusante a uma indústria

frigorifica; P4 (31°42’50.55”S e 52°28’36.46”O) próximo a ponte sobre o Arroio Pestanas; P5 (31°42’03.47”S e 52°30’55.44”O) à montante da estação de tratamento de água; e P6 (31°40’23.61”S e 52°30’04.10”O) à jusante de uma indústria de conservas.

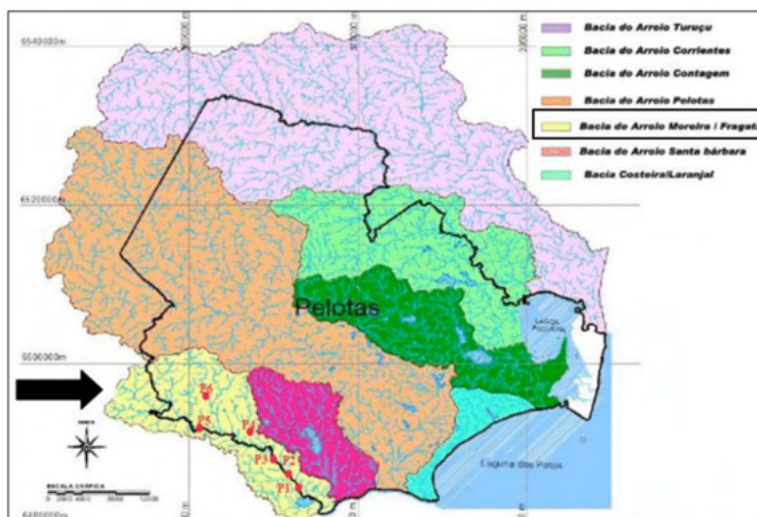



Figura 1. Localização dos pontos georreferenciados.

Fonte: (XAVIER, 2010), com modificações.

2.2 Coleta e preservação das amostras

As amostras de água foram obtidas com uma garrada de *Van Dorn*, e os sedimentos superficiais (0 – 5,0 cm de profundidade) foram amostrados com o auxílio de uma draga do tipo “*Van Veen*” (MOZETO, 2007).

Todas as amostras foram armazenadas sob refrigeração à ± 4°C e transportados para o laboratório. Todo o material utilizado foi previamente descontaminado em solução de ácido nítrico (HNO_3) 10% por 24h (TEÓDULO et al. 2003).

2.3 Preparo das amostras

Para o tratamento químico e determinação de umidade as amostras de sedimento, foram secas em estufa a 60°C pelo período de 48 horas. Em seguida, foram maceradas com almofariz e peneiradas, sendo utilizada a fração <63 µm. A determinação de granulometria seguiu a técnica de Suguio (1973).

A extração dos metais ocorreu por digestão pseudo total ácida com 2,0 g de cada amostra. Após, adicionou-se 4,0 mL de água régia ($HCl:HNO_3$) e 1,0 mL de ácido perclórico ($HClO_4$), sendo levadas à banho-maria à 90°C por 30 min, (HORTELLANI *et al.*, 2005). Após filtração, os extratos foram avolumados a 25,0 mL com água Milli-Q. A extração foi

realizada em triplicata e em paralelo de análise de branco.

A determinação dos metais, foi realizada por espectrofotômetro de absorção atômica de chama da marca PerkinElmer AAnalyst 200, sob as seguintes condições operacionais para Zn e Pb: comprimento de onda (213,9 nm / 217,0 nm); largura da fenda (1,8/0,5 nm / 1,8/1,0 nm); gás combustível (ar-acetileno / ar-acetileno), respectivamente.

A curva de calibração do equipamento foi preparada a partir da solução padrão marca Titrisol® Merck de 1000 mg L^{-1} de Zn e Pb. A faixa de concentração dos padrões variou 0,2 a 5,0 mg L^{-1}. Os padrões sofreram o mesmo tratamento das amostras para manter a proporcionalidade entre o sinal analítico e a concentração.

Através de cinco repetições do branco, o limite de detecção (LD) foi calculado usando a média do sinal do branco mais três vezes o seu desvio padrão, enquanto que o limite de quantificação (LQ) foi obtido pela soma da média do sinal do branco mais dez vezes o seu desvio padrão (IUPAC, 1997).

Durante a coleta foram determinados, *in situ*, o pH com um pHmetro (Marconi modelo MA 522/P) e a condutividade elétrica por meio de um condutivímetro (Instrutherm modelo CD-830), da água em cada ponto de amostragem.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a classificação do CONAMA n° 357/2005, a Bacia do Arroio Moreira/Fragata, se enquadra como água doce classe 2, uma vez que o corpo hídrico serve como fonte de abastecimento para consumo humano e industrial, recreação de contato primário (presença de campings), à irrigação, a proteção da vida aquática, a aquicultura e atividade de pesca (BRASIL, 2005).

A Tabela 1, apresenta os resultados encontrados para as determinações físico-químicas realizadas nas amostras de água.

Local	**pH**	**Condutividade (μS cm^{-1} ± SD)**
P1	6,62 ± 0,03	105,90 ± 0,17
P2	6,58 ± 0,02	107,17 ± 0,15
P3	6,78 ± 0,02	102,94 ± 0,10
P4	7,06 ± 0,01	68,11 ± 0,05
P5	7,10 ± 0,01	67,50 ± 0,38
P6	7,39 ± 0,01	70,35 ± 0,17

SD – Desvio padrão

Tabela 1. Resultados de pH e condutividade elétrica nas amostras de água.

Os valores encontrados na análise de pH, demonstraram o mesmo comportamento ao longo da bacia mantendo-se próximo ao neutro, sendo compatível com o padrão para

classe 2 que estabelece a faixa de 6,0 – 9,0 de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

A determinação do pH na água auxilia no controle da mobilidade, biodisponibilidade e precipitação dos metais pois, quando o valor deste parâmetro é elevado, reduz a concentração dos metais traços na água (RANGEL e SANCHES FILHO, 2013). Tal fato ocorre devido a precipitação de formas insolúveis, como: hidróxidos, carbonatos e complexos orgânicos, favorecendo a adsorção dos metais pela atração eletrostática com o sorvente (SOUZA *et al*., 2015).

A condutividade estabelece a relação com o grau de contaminação do corpo hídrico, uma vez que Saraiva *et al*. (2009) indica que o valor máximo para água não poluída é de 100 μS cm^{-1}.

Diante dos valores apresentados na Tabela 1, verificou-se que apenas os pontos 1, 2 e 3, indicam presença de contaminação, sugerindo-se que há um aumento na concentração de poluentes na porção final do corpo hídrico, verificando-se à influência das atividades industriais sob a Bacia do Arroio Moreira/Fragata, uma vez que os valores aumentam à jusante das indústrias.

A Figura 2, apresenta a composição granulométrica para os sedimentos amostrados, sendo possível observar a distribuição das partículas.

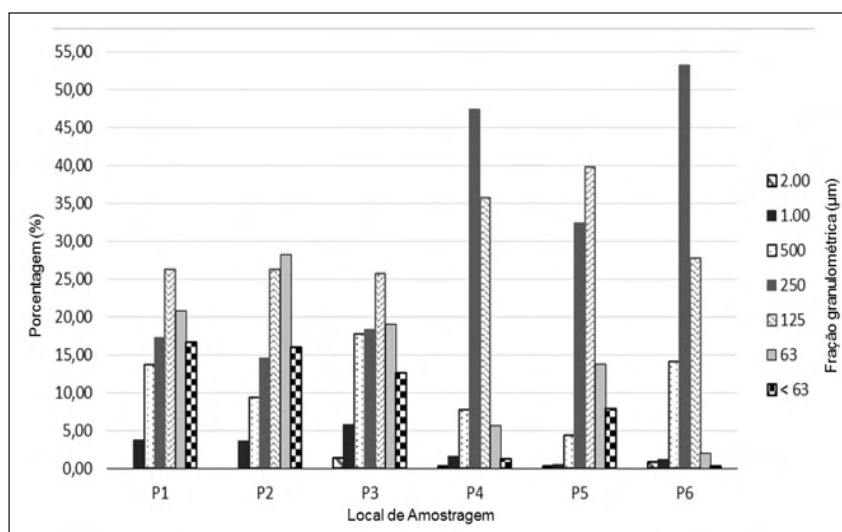



Figura 2. Composição granulométrica dos sedimentos (%) amostrados em seis pontos do Arroio Moreira/Fragata.

Fonte: Autores.

Os resultados sugerem que os pontos 1, 2 e 3 foram os que apresentaram maior porcentagem de grãos finos variando de 12 a 20%. A fração <63 μm corresponde ao material

mais fino (silte e argila), apresentando maior poder de adsorção para metais (BARROS; AZEVEDO; BASTOS *et al*., 2021; LEMES *et al*, 2003). Conforme Valadão *et al*. (2016), os íons metálicos tendem a se concentrar junto aos sedimentos de granulometria fina devido a maior área superficial dos grânulos para adsorção. Enquanto que os pontos 4, 5 e 6 apresentam grânulos arenosa fina (125 – 250 μm).

Segundo CONAMA nº 454/2012, se na granulometria do material a ser dragado tiver 50% da sua composição areia grossa, muito grossa, cascalho ou seixo, fica dispensado de caracterização química, ecotoxicológica e outros estudos complementares referentes à caracterização, o que não ocorreu em nenhum dos pontos analisados, justificando a necessidade de análise dos íons metálicos.

Os valores de umidade variaram de 25,06% a 62,61%, este parâmetro pode ser diretamente relacionado com a granulometria (Figura 3), pois quanto maior o teor de finos no sedimento, maior será a capacidade de manter água intersticial, indicando a presença de substâncias higroscópicas, promovendo a maior retenção dos contaminantes.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Umidade	61,60	62,61	55,69	25,06	34,13	27,18
Finos	16,7	16,02	12,63	1,34	7,94	0,29

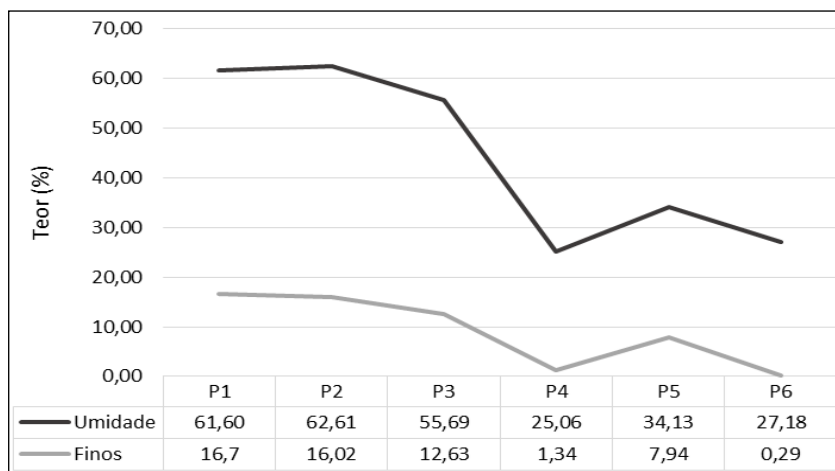



Figura 3. Resultados de umidade (%) e fração de finos (%) nas amostras de sedimento.

Fonte: Autores.

Através dos parâmetros de méritos (Tabela 2), verifica-se uma resposta linear para as faixas de trabalho, onde os coeficientes de correlação (r) se mantiveram acima de 0,99. Os coeficientes angulares indicam que determinações espectrofotométricas para o Zn são mais sensíveis que para o Pb. Os LD e LQ foram encontrados para o Zn e o Pb (0,02 e 0,07 mg kg^{-1}).

Parâmetros de méritos		
Parâmetro	**Zinco**	**Chumbo**
a	0,0872	0,0413
b	0,0389	0,0073
r	0,999	0,998
LD	0,0220	0,0217
LQ	0,0720	0,0722
Sedimento de referência		
Metal	**Zinco**	**Chumbo**
Valor certificado	133,50	95,30
Intervalo de confiança	126,00 – 141,00	90.00 – 101,00
Valor encontrado	127,56 ± 0,56	94,25 ± 1,34
Recuperação (%)	95,55	98,80

Tabela 2. Limite de detecção (LD) e quantificação (LQ), em mg kg^{-1}, coeficientes angular (a), linear (b), e de correlação (r) das respectivas curvas; e Níveis certificados e intervalo de confiabilidade do material certificado (NMR#4), teor encontrado, ambos em (mg kg^{-1}) e seus respectivos desvios padrões e o percentual de recuperação para cada metal.

Na Tabela 2, também se verifica os níveis de metais no sedimento de referência, os valores encontrados e os valores da matriz, indicando que o método de extração foi adequado ao experimento. Pois, as recuperações se mantiveram acima de 90%, sendo considerado dentro da faixa aceitável por Jesus *et al*. (2004).

Os teores encontrados para Zn e Pb, e seus desvios padrões (SD) são expressos em mg kg^{-1} (Figura 4). De acordo com a Portaria da FEPAM n° 085/2014, para o grupo de sedimentos inconsolidados na planície costeira, abrangendo a localização da Bacia estudada, é fixado que 90% do valor de referência para Zn (33 mg kg^{-1}) e Pb (27 mg kg^{-1}) corresponde ao teor natural do metal no solo do estado do Rio Grande do Sul. Sendo assim, observa-se que em todos os pontos analisados na Bacia do Arroio Moreira/Fragata, a presença de Zn encontra-se acima do valor de referência natural. Tais valores indicam influências antrópicas sob a entrada deste metal no corpo hídrico, podendo ser atribuído ao aporte de efluentes industriais e domésticos, uso de fertilizantes e pesticidas. Entretanto, com exceção dos pontos 2 e 3, os valores encontrados para Pb, mantiveram-se dentro da faixa fixada como natural.

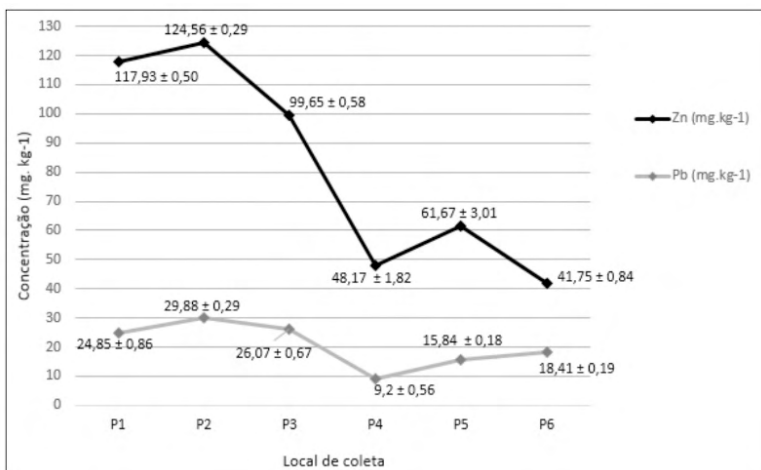



Figura 4. Resultados obtidos para Zn e Pb e seus respectivos desvios padrão (SD) em mg kg^{-1} nas amostras.

Fonte: Autores.

Ao comparar os resultados encontrados para Zn com os limites para sedimentos de água doce estabelecidos pelo índice do Guia de Qualidade para Sedimentos Estuarinos do Canadá (CCME EPC-98E,1999) (Tabela 3) – PEL (Probable effect level) e TEL (Thereshold effect level), observa-se que o curso baixo da Bacia sugere provável risco à vida. No entanto, quando comparados os valores obtidos para Pb com os limites, indica-se que não há possibilidade de ocorrência de efeitos adversos causados por este metal.

Limites estabelecidos (mg kg^{-1})		
Metal	**Zinco**	**Chumbo**
TEL[a]	123,00	35,00
PEL[b]	315,00	91,30

[a]TEL thereshold effect level. Valor abaixo do qual raramente ocorre efeito biológico (Água doce).

[b]PEL probable effect level. Valor acima do qual efeito adverso é esperado (Água doce).

Tabela 3. Níveis máximos dos analitos permitidos para sedimento em água doce.

O Zn encontra-se usualmente na natureza na forma de sulfeto ou associado com sulfeto de outros metais, principalmente chumbo, cádmio, cobre e ferro. A toxicidade do Zn está relacionada com as reações de troca iônica existentes no meio hídrico (RANGEL e SANCHES FILHO, 2013).

Os resultados encontrados para Pb variaram de 9,20 a 29,88 mg kg^{-1}, estando de acordo com outros estudos desenvolvidos na região do município de Pelotas/RS: Santos *et al.* (2003) na Lagoa Mirim (6,5 ± 1,2); Betemps e Sanches Filho (2012) no Saco do Laranjal

(9,4 ± 0,60); Sanches Filho et al. (2021) no Arroio Pelotas (9,7 ± 5,5), ambos em mg kg^{-1}.

O Pb pode ser encontrado em solos não contaminados em concentrações próximas a 20,0 mg kg^{-1}, condizendo com os valores encontrados (ALLOWAY 1995 apud RANGEL e SANCHES, 2013). O Pb é um metal que não possui função biológica definida, pois não participa de processos fisiológicos dos organismos aquáticos, por isso é considerado um elemento potencialmente tóxico aos organismos.

Conforme os resultados, afirma-se que os teores de metais quantificados seguem os mesmos padrões em relação a composição granulométrica (<63 μm) e umidade no sedimento, uma vez que estes se adsorvem as partículas menores devido a maior área superficial de contato, além dos resultados estarem em acordo com os valores de condutância.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a Bacia do Arroio Moreira/Fragata, sofre influência antrópica no decorrer do seu tributário, ocorrendo acumulação na concentração dos parâmetros analisados no baixo curso da bacia, indicando que os pontos à jusante das indústrias (pontos 1 e 2) são os mais críticos. Considerando-se a presença dos metais analisados (Zn e Pb), aponta-se que ambos foram detectados, porém apenas o Zn apresentou valores acima do limite estipulado para TEL, indicando risco a vida aquática.

Os resultados dessa pesquisa indicam que a caracterização físico-química da água e análise dos sedimentos constituem uma ferramenta de monitoramento da salubridade ambiental, subsidiando ações de preservação, políticas públicas, conservação e recuperação de áreas.

AGRADECIMENTOS

Ao GPCA - Grupo de Pesquisa em contaminantes ambientais. Aos cursos de Graduação em Gestão Ambiental e Técnico em Química por fornecerem os laboratórios e equipamentos, e ao Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Pelotas.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. **Heavy metals in soils.** Blackie Academic e Professional, 1995. 399 p.

BARROS, A. B.; AZEVEDO, J. A. M.; BASTOS, A. L.; NASCIMENTO, V. X. Caracterização e biodisponibilidade de metais no mangue da foz do Rio Meirim, Maceió-AL. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 20133-20147, 2021. http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n2-586.

BETEMPS, G. R.; SANCHES FILHO, P. J. Estudo sazonal de metais pesados no sedimento do Saco do Laranjal – Pelotas-RS. **Journal of Brazilian Society Ecotoxicology**, v. 7, p. 91-96, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outra providencias**. Brasília. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 454, de 1º de novembro de 2012. **Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências**. Brasília, 2012.

CCME EPC- 98E, **Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection aquatic life**. Canada,1999. Disponível em: http://st-ts.ccme.ca/.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988. 575 p.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. PORTARIA FEPAM N.º 85/2014. **Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2014. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf.

FLYNN, M. N.; SILVA, L. C. M.; LOURO, M. P. Processo de Bioacumulação na área estuarina de Santos e São Vicente, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**. São Paulo, v. 4, n. 2, p.36-58, 2011.

GOMES-SILVA, P. A. J.; LIMA, S. D.; GOLIN, R.; FIGUEIREDO, D. M.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B.; DORES, E. F. G. C. Qualidade da água de uma micro bacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães, MT. **HOLOS**, v. 4, n. 0, p. 22-33, 2014.

HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S.; ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. M. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos – São Vicente. **Química Nova,** v.31, n.1, p.10-19, 2008.

HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S.; BONETTI, J.; BONETTI, C. Evaluation of Mercury Contamination in Sediments from Santos - São Vicente, Estuarine System, São Paulo State, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6, p. 1140-1149, 2005.

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. **Chemistry Compendium of Chemical Terminology.** 2nd Edition, 1997.

JESUS, H. C., COSTA, E. A., MENDONÇA, A. S. F., ZANDONADE, E.; Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória – ES. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 378-386, 2004.

LACERDA, L. D.; MARINS, R. V. Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n.1, p. 123-135, 2006.

MOREIRA, C. C. L. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos de mangue do Estado do Ceará: subsídios para gestão da zona costeira.** 164 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MOZETO, A. A. Sedimentos e Particulados Lacustres: Amostragem e Análises Biogeoquímicas. In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. Amostragem em limnologia. **Rima**. São Carlos, 2007.

NETO, H. P. B. **Caracterização ambiental e determinação de parâmetros físico-químicos, biológicos e índice de fragilidade ambiental da Microbacia Arroio Moreira/Fragata**. 102 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Católica de Pelotas, 2009.

PINTO, A. M. T. P.; HIRDES, I. M.; SANCHES FILHO, P. J. Determinação de metais pesados nos camarões (Fasfantepenaeus paulensis) consumidos na cidade de Pelotas-RS. **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 8, n. 1, p. 129-134, 2013.

RANGEL, E. M.; SANCHES FILHO, P. J. Determinação de metais traço no sedimento do canal prolongamento da Avenida Bento Gonçalves, Pelotas (RS). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais,** v. 5, n. 1, p. 229-241, 2013.

SANCHES FILHO, P. J.; SAMPAIO, D. M.; RANGEL, E. M.; BETEMPS, G. R.; CASTRO, J. R. M.; COSTA, L. C. Determinação de metais pesados no sedimento do Arroio Pelotas, Pelotas – RS. In: **Ciências Agrárias: A multidisciplinaridade dos recursos naturais**. 1° ed. 2021. Editora Conhecimento Livre. p. 141-155.

SANTOS, I.R.; BAISCH, P.; LIMA, G.T.N.P. Metais pesados em sedimento superficial da Lagoa Mirim, fronteira Brasil – Uruguai. **Geochimica Brasiliensis**,. v. 17, p. 037-047, 2003.

SARAIVA, V. K.; NASCIMENTO, M. R. L.; PALMIERI, H. E. L.; JACOMINO V. M. F. Avaliação da qualidade de sedimentos - estudo de caso: sub-bacia do Ribeirão Espírito Santo, afluente do Rio São Francisco. **Química Nova**, v. 32, p. 1995-2002, 2009.

SHARLEY, D. J.; SHARP, S. M.; BOURGUES, S.; PETTIGROVE, V. J. Detecting long-term temporal trends in sediment-bound trace metals from urbanised catchments. **Environmental Pollution**, v. 219, p. 705-713, 2016. http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.072.

SOUZA, V. L. B.; LIMA, V.; HAZIN, C. A.; FONSECA, C. K. L.; SANTOS, S. O. Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Radiation Scienes**. v. 03, p. 01-13, 2015.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher – EDUSP, 1973. 318 p.

TEÓDULO, M. J. S.; LIMA, E. S.; NEUMANN, V. H. M. L.; LEITE, P. R. B.; SANTOS, M. L. F. S. Comparação de métodos de extração parcial de metais traço em solos e sedimentos de um estuário tropical sob a influência de um complexo industrial portuário, Pernambuco Brasil. **Estudos Geológicos**, v.13, p. 23-34, 2003.

TORRES, R. F.; LACERDA, L. D.; AGUIAR, J. E. Biodisponibilidade de Cu e Pb em sedimentos de um canal de maré afluente do estuário do Jaguaribe – Ce. In: **I Congresso IberoAmericano de Oceanografia – I CIAO**. Fortaleza. Anais III CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, Fortaleza, Brasil, 2008.

VALADÃO, L. S.; GARCIA, J. F. C.; SANCHES FILHO, P. J.; PINTO, A. M. P. Determinação de elementos traço no sedimento do Canal São Gonçalo, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 1, 2016.

XAVIER, S. C. **O mapeamento geotécnico por meio de geoprocessamento como instrumento de auxílio ao planejamento do uso e ocupação do solo em cidades costeiras: estudo de caso para Pelotas (RS)**. 261 f. Dissertação (Pós-graduação) – Departamento de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande, 2010.

YANG, Y.; CHEN, F.; ZHANG, L.; LIU, J.; WU, S.; KANG, M. Comprehensive assessment of heavy metal contamination in sediment of the Pearl River Estuary and adjacent shelf. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 9, p. 1947-1955, 2012.

ZHANG, Z.; WANG, J. J.; ALI, A.; DELAUNE, R. D. Heavy metals and metalloid contamination in Louisiana Lake Pontchartrain Estuary along I-10 Bridge. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 44, p. 66-77, 2016.

CAPÍTULO 4

OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA CARCINICULTURA: TRANSFORMAÇÕES NAS FORMAS DE ACESSO À ÁGUA NO DISTRITO DE SÃO JOSÉ DO LAGAMAR NO MUNICÍPIO DE JAGUARUANA/CE

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Evilene Oliveira Barreto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Limoeiro do Norte – Ceará
http://lattes.cnpq.br/4535754278188173

João César Abreu de Oliveira Filho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Fortaleza-Ceará
http://lattes.cnpq.br/1715957831111479

RESUMO: A água um elemento natural, bem comum a todos e torna-se na sociedade capitalista um recurso econômico, uma mercadoria. A atividade da Carcinicultura está se apropriando e privatizando a água, em virtude de novas necessidades de uso impostas pelo sistema capitalista. É o caso, por exemplo, do distrito de São José do Lagamar no município de Jaguaruana/CE, objeto de estudo do referido trabalho. O número de viveiros aumenta mensalmente, aproximadamente noventa e quatro viveiros foram construídos entre 2014 e 2015. A população está sendo prejudicada com a contaminação da água, pois a mesma é utilizada para o consumo básico das comunidades locais. O objetivo deste trabalho é compreender os impactos socioambientais da carcinicultura e o acesso desigual da água na comunidade. A metodologia utilizada se pautou em referencial bibliográfico de autores que tratam da água enquanto mercadoria, como: Gonçalves (2004), Camdessus, Badré, Chéret e Buchot (2005), Scantimburgo (2011) e Marx (2009). Realizou-se também entrevistas semiestruturadas com os sujeitos sociais da comunidade e trabalhos de campo envolvendo a observação e o registro fotográfico dos processos de expansão da carcinicultura. Os resultados encontrados incidem sobre a ampliação da expansão da carcinicultura e apropriação da água por essa atividade econômica, o que tem acarretado diversos impactos ao meio ambiente e a qualidade de vida da comunidade. Hoje, a água enquanto elemento natural que antes servia apenas para as atividades domésticas, agora se tornou um recurso valioso ao modo de produção capitalista. Portando, a água é um direito humano, porém um direito ameaçado, que foi supervalorizado enquanto mercadoria.

PALAVRAS-CHAVE: Carcinicultura; Impactos Socioambientais; Água.

THE SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BARRICULTURE: TRANSFORMATIONS IN THE FORMS OF ACCESS TO WATER IN THE DISTRICT OF SÃO JOSÉ DO LAGAMAR IN THE MUNICIPALITY OF JAGUARUANA/CE

ABSTRACT: Water is a natural element, a good common to all, and in capitalist society it becomes an economic resource, a commodity. Shrimp farming activity is appropriating and privatizing water, due to new usage needs imposed by the capitalist system. This is the case, for example, in the district of São José do Lagamar in the

municipality of Jaguaruana/CE, object of study in the aforementioned work. The number of nurseries increases monthly, approximately ninety-four nurseries were built between 2014 and 2015. The population is being harmed by water contamination, as it is used for basic consumption by local communities. The objective of this work is to understand the socio-environmental impacts of shrimp farming and the unequal access to water in the community. The methodology used was based on bibliographic references by authors who deal with water as a commodity, such as: Gonçalves (2004), Camdessus, Badré, Chéret and Buchot (2005), Scantimburgo (2011) and Marx (2009). Semi-structured interviews were also carried out with the social subjects of the community and fieldwork involving observation and photographic recording of shrimp farming expansion processes. The results found focus on the expansion of shrimp farming expansion and the appropriation of water by this economic activity, which has caused several impacts on the environment and the quality of life of the community. Today, water as a natural element that was previously only used for domestic activities, has now become a valuable resource in the capitalist mode of production. Therefore, water is a human right, but a threatened right, which has been overvalued as a commodity.
KEYWORDS: Shrimp farming; Social and Environmental Impacts; Water.

1 I INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida humana. No modo capitalista de produção, percebe-se a apropriação desse recurso como mercadoria, satisfazendo aos lucros das grandes corporações que visam privatizá-la e impedir o acesso da água à população.

Estas dificuldades de acesso ao uso da água também se tornam presentes em pequenas comunidades rurais. Nesta pesquisa, serão abordados os impactos socioambientais da carcinicultura no distrito do São José do Lagamar e seus respectivos povoados: Antonópolis, Damião e Sítio Pedrinhas, localizado no município de Jaguaruana – Ceará.

É notório nesse distrito, com uma população total de 3.563 habitantes (IBGE, 2010) o crescimento progressivo do número de viveiros de camarão, em virtude de novas formas de apropriação da natureza pelo capital.

Em 2014-2015, aproximadamente noventa e quatro (94) viveiros foram construídos, causando conflitos no uso da água com a população local, que está sendo prejudicada devido à sua contaminação, utilizada anteriormente por famílias para consumo humano e em outras atividades diárias.

Figura 1 - Localização da área de estudo

Fonte: pt.wikipédia.org

Como já mencionado acima, a população está sendo prejudicada com a contaminação da água, pois no manejo da atividade da carcinicultura os proprietários utilizam uma série de produtos químicos (o cloro, o calcário, a uréia, o silicato, o superfosfato triplo e metabissulfito de sódio) no viveiro, objetivando um bom cultivo e a produção ampliada do camarão.

A referida pesquisa teve como objetivos a análise do uso da água, antes, vista pela população local como um recurso natural, hoje, vista como um recurso econômico, pois o homem apropriou-se da água para a realização de suas atividades capitalistas. Por sua vez, detectou-se os impactos sócioambientais que a atividade da carcinicultura ocasionou no distrito do São José do Lagamar, tendo como enfoque principal a má qualidade da água para consumo da população. Identificou-se a mercantilização da água na comunidade de São José do Lagamar, isto, porque, a água do rio seria imprópria para o consumo humano, a comunidade foi obrigada a comprar água para se reproduzir, ou seja, as transformações quanto a utilização da água antes e depois do crescimento da atividade carcinicultora, foi um dos objetivos da referida proposta.

Dentre os procedimentos investigativos adotados utilizou-se uma seletiva revisão bibliográfica de autores que abordam os seguintes temas: acesso à água e apropriação privada dos recursos naturais. Entre autores utilizados estão Gonçalves (2004), Marx (2009) e Castro (2008), dentre outros.

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com sujeitos sociais impactados, notadamente moradores do distrito, como também, visita nas fazendas quantificando a evolução da carcinicultura nos últimos 13 anos e investigando os processos de como ocorre o cultivo e o papel da água nesse processo de desenvolvimento da atividade da

carcinicultura, inclusive a partir da degradação ambiental, do nível da qualidade dessa água e do acesso a ela pela comunidade local.

Importante ressaltar que os danos dos produtos químicos para a água e para as pessoas que irão utilizá-las consequentemente serão futuramente negativos. Os proprietários das fazendas não se preocupam com a gravidade da questão, inclusive do ponto de vista da saúde das populações, sendo o seu único objetivo o lucro.

De acordo com o IBAMA (2005), um produto utilizado na atividade da carcinicultura deve ter grandes implicações para a vida humana:

> Um produto utilizado por todos os empreendimentos em operação é o metabissulfito de sódio (Na2S2O5) durante a etapa de despesca, usado para prevenir o escurecimento dos camarões despescados. É importante salientar que se trata de um composto oxidante e, ao ser lançado no ambiente diminui a concentração de oxigênio dissolvido, podendo provocar a morte de organismos aquáticos. Após ser lançado na água também libera o gás dióxido de enxofre (SO2) (IBAMA, 2005, p. 149).

A falta de uma bacia de sedimentação em cada fazenda é um grande prejuízo para o ambiente, pois vários efluentes dos viveiros são colocados diretamente no rio, e que essa mesma água chega até as casas das famílias de forma inadequada ao consumo humano, conforme aponta o IBAMA em citação abaixo:

> Outro aspecto que se deve ter em vista é que a bacia de sedimentação possui grande eficiência na diminuição dos sólidos em suspensão, mas sua eficiência em relação à diminuição de nutrientes é baixa. Já a recirculação da água, ainda menos utilizada do que a bacia de sedimentação, é prática que maximiza o uso racional dos recursos, além de diminuir muito o volume de descarte para o ambiente. Trata-se de prática ambientalmente e economicamente desejável, já que parte dos custos inerentes à atividades são direcionados exatamente à manutenção da água nas características em que ela está sendo descartada (com alta carga de matéria orgânica) e que seu descarte contribui para a alteração das características dos corpos hídricos (IBAMA, 2005, p. 146).

Figura 02: Disposição de água dos viveiros colocados diretamente no Leito Fluvial.

Fonte: Barreto, 2014

Figura 03: Canal da água dos viveiros em direção ao leito Fluvial.

Fonte: Barreto, 2014

Na imagem supracitada, percebe-se de forma evidente a construção de canais que servem como suporte de armazenamento de água para deposição direta para o leito fluvial, que acarreta na poluição do rio e consequentemente na qualidade da água para o consumo da população local.

importante questão que se observa nos referidos registros fotográficos é que a disposição da água dos viveiros no leito fluvial é carregada de produtos químicos oriundos da produção do camarão em cativeiro, altamente industrializada e mecanizada, quer dizer, carregada de insumos químicos e biológicos, prejudicando a qualidade de vida e a saúde da comunidade.

Sobre a disposição de água de abundância para a atividade da carcinicultura, é fato afirmar que irá faltar água para o povo, pois o período é de escassez, logo a prioridade é o abastecimento humano. O governo do Estado, juntamente com os órgãos responsáveis, que no caso a Cogerh ,devem procurar uma solução para gerenciar a escassez, pois está na lei 14.844 (2010) , que o ser humano é provida do direito ao acesso a água.

É válido salientar que 72% das outorgas de água são para as indústrias, enquanto 12% para o abastecimento do ser humano (Roseno, 2015). É nítido observar a disparidade de desigualdade que tem a utilização de um elemento natural, que por sua vez, foi desnaturalizado enquanto elemento, para ser um recurso, pois foi dotado de valor econômico.

Figura 04: Lagoa do Lagamar, situada na comunidade do Damião, bacia de sedimentação de muitos viveiros.

Fonte: Barreto. Data: 21/04/2014.

Logo, a água foi transformada em recurso devido à ação humana necessária para o desenvolvimento das atividades capitalistas. É o caso, por exemplo, da carcinicultura, isto é, a água é o principal componente para a criação de camarão, com isso, elevou-se de valor enquanto mercadoria. As transformações de acesso ao recurso foram viabilizadas pela atividade, pois a água além de ter um valor humano, hoje tem um valor de capital, isto é, a população do São José do lagamar, por está sendo afetada com a contaminação da água, é obrigada a comprar para satisfazer suas necessidades básicas.

A mercadoria é algo que satisfaz uma carência, uma necessidade ou um desejo humano. É algo externo a nós, de que tomamos posse e transformamos em nosso. (HARVEY, 2013). A água tornou-se mercadoria, pois tem um valor de uso, é algo vital para a sobrevivência humana, e para usufruir do recurso água, o homem compra.

A comercialização da água na conjuntura política atual tem um grave problema, pois a procura do recurso é elevada, por conta da escassez que se passa.

> Privar é tornar um bem escasso e, dessa forma, numa sociedade que tudo mercantiliza um bem só tem valor econômico se é escasso. O princípio da escassez, assim como a propriedade privada lhe é essencial, é que comanda a sociedade capitalista e suas teorias liberais de apropriação dos recursos naturais (GONÇALVES, 2004, p. 67).

A água além de ser uma mercadoria, é componente (matéria-prima) para a fabricação de outras mercadorias, no caso, o comércio do camarão e isso a torna uma mercadoria altamente lucrativa e valorativa para o capital, em especial, no município de Jaguaruana.

2 I A EXPANSÃO DA CARCINICULTURA E A MERCANTILIZAÇÃO DA ÁGUA

Até o presente momento compreende-se que a população percebe a importância da água como bem essencial a manutenção e sobrevivencia da vida, e que o recurso que antes servia apenas para as atividades domésticas, agora assume a forma de mercadoria. A água encontra-se insatisfatória para consumo humano (LACEN, 2014), o que leva a comunidade a comprar água para beber e cozinhar.

A Secretaria Municipal de Saúde de Jaguaruana, juntamente com o Laboratório Central de Saúde Pública tiveram a iniciativa de fazer a coleta no Rio Jaguaribe, na zona Rural de São José do Lagamar, tiveram como resultado que a água encontra-se imprópria para consumo humano, onde existe a presença de coliformes totais (fecais), os mesmos são responsáveis pela bactéria Escherichia Coli.

As bactérias do grupo coliforme têm sido utilizadas em avaliações da qualidade microbiológica de amostras ambientais, é um bom indicador de contaminação fecal. Por sua vez, os Coliformes podem ser divididos em Total e Fecal, porém o resultado obtido teve como resultado que a água do rio tem a presença de Coliformes totais, mas é um indicador de contaminação fecal, onde a mesma é responsável pela origem da espécie da Escherichia Coli.

No entanto, mediante a este resultado a comunidade está exposta a contaminação da água por conta da bactéria, que trás negatividade para a saúde local, pois as principais reações da bactéria ao ser humano são: dores de cabeça, febre, calafrios, dores abdominais, diarreia e dores musculares.

Além disso, outro impacto ambiental da carcinicultura na comunidade é o desmatamento de vegetação nativa e principalmente da árvore da carnaúba, um valor histórico cultural paisagístico que é derrubada por conta da construção de viveiros, desconstruindo a paisagem.

Porém na Lei N° 27.413 de 30 de março de 2004 da Política Estadual do Meio Ambiente, do governo do Estado do Ceará, enfatiza a importância da preservação e conservação da biodiversidade. A lei foi sancionada e decretou no artigo 1° que a carnaúba é árvore símbolo do Estado do Ceará, e no artigo 2°, ficou que a derrubada e o corte da carnaúba deve ter a autorização dos órgãos estaduais responsáveis por esta situação.

No distrito, a água a cada dia torna-se mais escassa, tanto em quantidade como em qualidade, pois seu uso serve para as atividades da carcinicultura, e assim, gerando um conflito quanto ao seu uso. Através das entrevistas com algumas pessoas da comunidade, as mesmas relatam, que antes a água do Rio Jaguaribe, servia tanto para cozinhar como para beber, por isso, não precisava comprar água para o consumo.

A Política Estadual dos Recursos Hídricos n° 14.844, de 28 de dezembro de 2010, enfatiza a gestão da água com seus respectivos capítulos, que o recurso natural água, é um patrimônio da humanidade, isto é, todos devem ter acesso igualitário à mesma, além disso,

deve ser preservado contra poluição. Na verdade a questão política da água é baseada em perguntas: de quem a água pertence e quem pode controla-la, utiliza-la? Como se dá a utilização dessa água, deve ou não respeitar o meio ambiente?

Há uma distribuição muito desigual ao acesso a água, pois o bem natural de todos, torna-se um bem de comércio, isto é, as pessoas são privadas de utilizá-la. “De toda a água que existe no planeta, 3% é potável, sendo que 2,75% é para agricultura e indústria e 0,25% a população mundial mais rica” (BARROS, 2009).

Existem dois caminhos entorno do recurso. Primeiro, aqueles que veem como um bem econômico para ser negociado pelo maior preço, e do outro, pessoas que tem a visão que a água é um bem comum global, que deve ser conservada.

Vale observar que a própria política dos recursos hídricos enfatiza a cobrança pela água, evidenciando que uma futura escassez a prioridade é o consumo humano. Existe uma série de contradições na própria legislação, pois o sistema capitalista absorveu os próprios direitos humanos e a legislação ambiental.

Como deve cobrar algo (água), que a própria lei vigora que é um direito humano? Como dizer que a água é um direito humano, se os privilegiados de administrá-la e usufruí-la é a elite?

Para perceber como a situação vem se agravando a cada dia mais, a falta de água já é caso certo no distrito do São José do Lagamar, através dos registros fotográficos e de reclamações da própria comunidade, onde afirmam que o rio já se encontra seco desde o começo do ano de 2015, e ao final do mesmo ano, a situação não é diferente.

Figura 05: Situação do Rio Jaguaribe em Janeiro de 2015.

Fonte: Barreto, 2015.

Como parte da política de escassez hídrica, órgãos de controle e gerenciamento da água do rio tem criado mecanismos de controle e vazão da água. Durante a semana o rio encontra-se com o nível extremamente baixo, e aos finais de semana é feita a liberação de água para rio. O problema, encontra-se com o uso exacerbado dos criadores de camarão que utilizam toda a água existente, deixando poca água para consumo e abastecimento humano.

Os mesmos Órgãos, em especial a Cogerh, já fizeram diversas reuniões com a associação dos carcinicultores e enfatizaram que a situação é caótica, não deixaram de cobrar as outorgas da água do rio para uso dos carcinicultores, e, que, os mesmos devem perfurar poços para manter a produção de camarão, porém a situação encontra-se com o mesmo cenário, onde os carcinicultores utilizam a água do rio para abastecer seus tanques.

Esse abastecimento se dá principalmente a partir de motores-bomba que puxam a água do Rio e direcionam a mesma para tubulações que servem para abastecer os viveiros de camarão. Essa água, portanto, passa a ser apropriada privadamente por esses proprietários sem nenhum uso social, ao contrário, objetivando apenas a maximização do lucro por essa atividade econômica.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, desse modo, que água é direito humano, porém, um direito ameaçado no distrito São José do Lagamar já que foi fixado um preço para obter seu acesso, onde o valor de troca desse bem natural se sobrepõe ao seu valor de uso, isto é, a importância não é a necessidade do ser humano em utilizar a água, mas usá-la com o fim lucrativo. Para a comunidade, portanto, só resta comprar a água para satisfazer suas necessidades básicas. Deve-se ressaltar que a prioridade de acesso à água é o abastecimento humano, ainda mais em um momento de escassez.

A natureza não é natural, pois o homem instituiu um valor, utiliza a mesma para seus fins capitalistas, tendo como exemplo, a água. Com isso, há uma dupla mercantilização da água, pois tanto a população precisa comprar água, como a água que é destinada para o uso doméstico da comunidade torna-se escassa, devido à prioridade do recurso para a carcinicultura, isto é, utiliza o elemento “natural” na produção de camarão. Desse modo, ao atribuir um valor a água, a água tona-se uma mercadoria e esse bem comum passa a ser um bem provado de uso exclusivo de poucos.

A água é um recurso natural, essencial para a vida humana, porém perdeu esse sentido, pois o sistema capitalista corrompeu o direito da humanidade de tê-la de forma gratuita, deixando, então de ser um bem natural, para ser recurso, pois existe um objetivo no gerenciamento da água que está voltado a atender as necessidades de mercado, como as indústrias, agronegócio e de modo especifico, a carcinicultura.

Através dos levantamentos empíricos, constatou-se que a comunidade percebe o

grau de escassez da água pelo motivo da falta de chuvas, pois os viveiros absorvem toda a água que é liberada para o rio Jaguaribe, onde a mesma é utilizada pela atividade, deixando uma série de afluentes de contaminação, onde a população repudia o acesso dessa água contaminada. Além disso, existem reclamações voltadas ao controle da disponibilidade de água até as residências, pois argumentam que o rio está seco e que deve administrar a água para não faltar, porém a população questiona que os viveiros são feitos quase dentro do rio e pegam a água sem burocracia, enquanto para os cidadãos que compões aquela comunidade, está vendo um controle de horário quanto à disposição da água. Percebe-se a disparidade quanto ao acesso do recurso, por isso a problemática da pesquisa é voltada a esta desigualdade quanto a utilização da água.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Sergiano de Lima. **Reestruturação produtiva e as novas territorialidades no espaço agrário cearense:** a carcinicultura em questão. Fortaleza, 2006. Pág:1-168.

BARROS, Marcelo. **O amor fecunda o universo**: ecologia e espiritualidade. Rio de Janeiro: Agir, 2009.

BRASIL, CEARÁ, **Decreto**, N° 27. 413, 30 de março de 2014. Fortaleza

CASTRO, J.E. A água (ainda) não é uma mercadoria: **Aportes para o debate sobre a mercantilização da água.** pág. 190-221, 2008.

FRACALANZA, Ana Paula. **Água** : de elemento natural a mercadoria**.** 2005

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **A globalização da Natureza e a natureza da globalização**. 5 ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **O desafio Ambiental**. Ed: Record, Rio de Janeiro, 2004.

IBAMA. **Diagnóstico da atividade da carcinicultura no Estado do Ceará**. 2005.

MARX, Karl. **O capital**: crítica da economia política. 23 ed- Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.

OLIVEIRA, João Luís de. **O Ceará tem memória:** Jaguaruana um povo, um lugar. Ed: Fortaleza-Ceará, 2000.

Política Estadual dos Recursos Hídricos. **Lei N° 14.844 de 28 de dezembro de 2010.**

SCANTIMBURGO, André Luís. **Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável:** Os limites impostos pelo capitalismo no gerenciamento e preservação dos recursos hídricos no Brasil. Janeiro de 2011.

SWYNGEDOUW, Erik. **Privatizando o H^2O:** Transformando Águas locais em dinheiro Global.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2. ed., 2005.

CAPÍTULO 5

ENSAIO DE VIBRIO FISCHERI NO APOIO À DECISÃO PARA O GERENCIAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA, NO LICENCIAMENTO OFFSHORE NO BRASIL

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 20/10/2021

Paula Cristina Silva dos Santos
Universidade Estácio de Sá (UNESA)
Rio de Janeiro - RJ
http://lattes.cnpq.br/3221704221708982

Mischelle Paiva dos Santos
Universidade Estácio de Sá (UNESA)
Rio de Janeiro - RJ
http://lattes.cnpq.br/5279611195953472

Luiz Augusto de Oliveira Costa
Universidade Estadual do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro - RJ
http://lattes.cnpq.br/4548035808869095

RESUMO: A indústria de petróleo tem uma importância significativa no cenário energético, econômico e estratégico de todo o mundo, além de ser setor de potencial degradação ambiental. Um dos principais aspectos ambientais relacionados à indústria de petróleo offshore é o descarte de água produzida, efluente gerado juntamente ao petróleo e gás natural, constituído por variados compostos químicos nocivos ao meio ambiente. O tratamento da água produzida nas instalações de produção de petróleo é fundamental para a redução das concentrações de vários compostos químicos tóxicos prejudiciais aos organismos marinhos e para o cumprimento dos padrões e condições de lançamento estabelecidos pela resolução Conama 393/2007. O órgão ambiental tem avaliado a variação da toxicidade para decidir sobre a autorização de eventuais pedidos de modificações no tratamento da água produzida. Nesse sentido, têm sido requisitados testes em escala de bancada em condições controladas que simulam as modificações propostas no tratamento, submetendo-se os efluentes resultantes a testes de toxicidade com bactéria luminescente Vibrio Fischeri. O presente trabalho avaliou os resultados dessa sistemática a partir de informações constantes no processo público IBAMA 02001.000128/2018-26 e verificou que pode haver ganhos ambientais na adoção dessa metodologia além de contribuir como instrumento de decisão na melhoria dos processos de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Água Produzida; Tratamento; Ecotoxicidade; Tomada de Decisão.

ASSAY BY VIBRIO FISCHERI TO SUPPORT THE DECISION FOR MANAGEMENT OF PRODUCED WATER, IN THE OFFSHORE LICENSING IN BRAZIL

ABSTRACT: The oil industry has a significant importance in the energy, economic and strategic scenario around the world, in addition to being a sector of potential environmental degradation. One of the main environmental aspects related to the offshore oil industry is the disposal of produced water, effluent generated together with oil and natural gas, consisting of various chemical compounds that are harmful to the environment. The treatment of water produced in oil production facilities is essential to reduce concentrations of various toxic chemical compounds harmful to

marine organisms and to comply with the standards and release conditions established by Conama resolution 393/2007. The environmental agency has been evaluating the variation in toxicity to decide on the authorization of any requests for changes in the treatment of produced water. In this sense, bench scale tests under controlled conditions that simulate the proposed changes in the treatment have been requested, by submitting the resulting effluents to toxicity tests with luminescent bacteria Vibrio Fischeri. This study evaluated the results of this systematic based on information contained in the public process IBAMA 02001.000128/2018-26 and found that there may be environmental gains in the adoption of this methodology, in addition to contributing as a decision-making tool to improve treatment processes.
KEYWORDS: Produced Water; Treatment; Ecotoxicity; Decision Making.

INTRODUÇÃO

A dependência do petróleo é observada desde 1930, quando a gasolina e o diesel se tornaram combustível para o setor de transportes com a invenção de motores, explosões e a chamada segunda revolução industrial (ANEEL, 2008). Após a Segunda Guerra Mundial, essa posição foi consolidada e foi necessário reconstruir os países destruídos durante esse período e trazer a indústria. Naquela época, o petróleo havia ultrapassado o carvão como principal fonte de combustível e se tornava cada vez mais importante em algumas partes do mundo (CANELAS, 2007).

No Brasil, as atividades de exploração e produção de petróleo, tornaram-se ainda mais importantes, após a descoberta dos novos campos do Pré-sal, em 2007, na qual foi responsável por dobrar o quantitativo das reservas brasileiras, e triplicar o volume de produção por metro cúbico no ano de 2019, deixando-o em posição de maior destaque, do ponto de vista estratégico, uma vez que detém a tecnologia para a exploração em águas ultraprofundas e mobiliza, nos próximos anos, toda a estrutura necessária para atendimento a essa nova fase da indústria petrolífera mundial. (ANP, 2019; MME, 2013; GOMES, 2014).

A indústria do petróleo possui campos diferentes, e esses campos podem afetar o meio ambiente através da poluição direta ou indireta. Nas partes representadas pela exploração de petróleo e gás, a água produzida é o poluente mais proeminente, especialmente seu grande tamanho e componentes tóxicos (CUNHA *et al.,* 2007). Devido à sua complexidade química, a descarga da água produzida pode levar a alterações na qualidade da água do mar, aumento da concentração de poluentes na coluna d'água e poluição de sedimentos marinhos, incluindo a destruição de comunidades bentônicas e seus habitats (FRASER e ELLIS, 2009). Gabardo *et al.* (2011) acredita que este é o maior rejeito na indústria de petróleo.

Durante o processo de produção, a qualidade da água gerada juntamente com o óleo associado varia muito sua produção (SEGUI, 2009). Inicialmente, um campo produzia muito pouca água, respondendo por cerca de 5 a 15% da produção atual. Porém, à medida que a vida econômica de um poço de petróleo se esgota, a quantidade de água

aumentará significativamente, equivalente a 75-90% da produção (THOMAS, 2004). Desde 2000, tem-se dado maior atenção ao tratamento da água produzida, estimando-se que a produção global total de água produzida resulte numa relação água / óleo de 3/1. Visto que a capacidade de suporte do oceano não é ilimitada, alguns tipos de métodos de tratamento são utilizados para o descarte da água produzida em alto mar (GOMES, 2014; FAKHRUL RAZI *et al.,* 2009).

Segundo Thomas (2014), os tratamentos têm como objetivo recuperar parte do óleo da água produzida na emulsão e condicioná-lo para reinjeção no poço ou descarte. O descarte deve ser o mais próximo possível do local de produção para evitar desperdício de energia e evitar danos de armazenagem e transporte.

No entanto, a particularidade das águas residuais a serem descartadas pela plataforma deve atender aos parâmetros recomendados pela Resolução Conama 393/2007. O tratamento da água de produção antes do descarte pode remover sólidos e líquidos não aquosos dispersos, incluindo óleo disperso, sólidos em suspensão e partículas bacterianas, bem como a maioria dos hidrocarbonetos voláteis e gases corrosivos, como dióxido de carbono (CO^2) e ácido sulfúrico (H^2S), além de recuperar parte do óleo emulsificado (NEFF *et al.,* 2011).

Na Figura 1 representa o processamento de petróleo, água e gás natural nas instalações de produção, tendo o objetivo de se obter um produto estável (para petróleo e gás natural), para que possa ser transportado por oleoduto ou caminhão-tanque para uma refinaria de petróleo, que exige padrões mínimos de salinidade, sólidos, gás e água, para não danos ao processo (GABARDO, 2007).

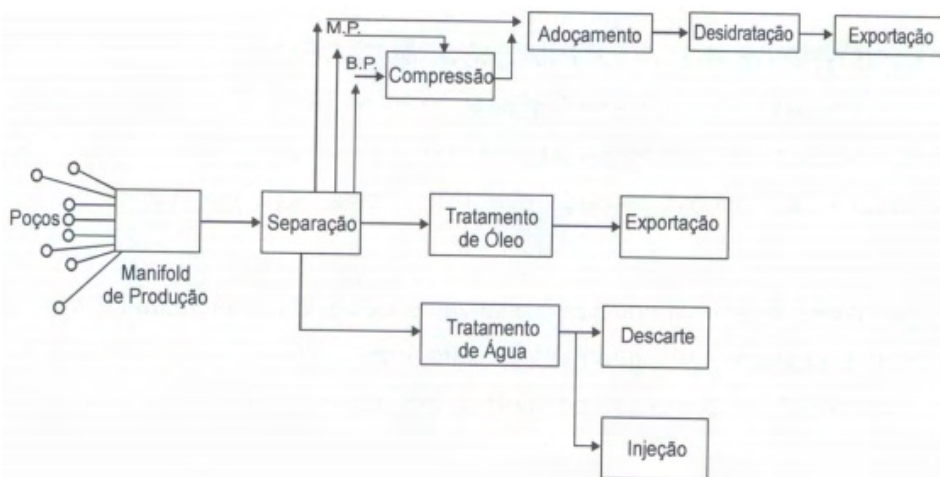



Figura 1: Esquema simplificado para processamento primário do petróleo.

Fonte: IBAMA, 2020.

A qualidade da água produzida descartada é uma função primária da eficiência da tecnologia de tratamento e do rigor e nível de cumprimento das regulações para descarte no ambiente. Porém, mesmo nas melhores combinações de ambos os fatores, ainda resta óleo residual ou microgotas finamente dispersas na água de produção, além de outros compostos não removidos durante o tratamento, que nas concentrações apresentadas e em conjunto conferem um potencial apreensivamente tóxico à água produzida (NEFF *et al.,* 2011; OGP, 2005).

Os testes de toxicidade são ferramentas de avaliação da qualidade da água, pois apenas as análises físico-químicas não são suficientes para diferenciar as substâncias que afeta os seres vivos daquele ambiente, e a partir da realização dos testes de toxicidade possibilita a análise qualitativa e quantitativa dos poluentes com capacidade de causar efeitos deletério ou tóxico aos organismos. E através destes testes é possível analisar a concentração máxima, no qual não seja um fator de nenhum efeito aos organismos testes, permitindo determinar limites máximos aceitos de poluentes, fornecendo informação clara sobre o impacto ambiental provocado pelo poluente (ANDRADE, 2009; BARSZCZ *et al*., 2019).

A simulação do tratamento da água produzida em ambiente controlado é desenvolvida utilizando organismos indicadores, nesse caso a bactéria marinha luminescente *Vibrio Fischeri*, onde por causa de suas propriedades de pequeno limite de tolerância apresentam decaimento da luminosidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Serão analisados os dados de pedidos de anuência para testes de melhoria da qualidade do tratamento de água produzida para ser empregado nas plataformas, obtidos a partir da análise do processo, acompanhado pelo IBAMA, tendo em vista a reunião de documentos de acesso público.

Com o intuito de analisar e descrever a importância do teste de ecotoxicidade utilizando a bactéria marinha *Vibrio Fischeri* no apoio a decisão do gerenciamento de água produzida do órgão ambiental IBAMA, âmbito do processo.

Segundo o Processo, a empresa petrolífera solicita a mudança de tratamento de água produzida ao órgão ambiental, IBAMA, a fim de se fornecer subsídios para o posicionamento de decisão quanto a realização de ensaios de rota química a bordo das plataformas, com o objetivo da melhoria da qualidade da água de processo a ser descartada, visando atender as premissas da Resolução CONAMA 393, de 2007. No qual são enviados relatórios que apresentam e reúnem mediante simulação do tratamento da água produzida em ambiente controlados resultados de ensaios de ecotoxicidade aguda realizados com Sistema *Microtox* (ensaios onde se mede a luminescência liberada naturalmente pela bactéria após o contato com substâncias tóxicas, inibindo a atividade da enzima luciferase).

É elevada a importância da realização de testes laboratoriais, no qual define as condições de tratamento da água que atendam à qualidade exigida. Segundo DI Bernardo, 2003, “em razão da grande gama de produtos químicos e da natureza distinta das águas brutas, é essencial a realização de experimentos em instalação-piloto ou em Jar Test para definir as condições adequadas de coagulação e mistura rápida”. Para Pádua e Ferreira, 2006, se a coagulação não for realizada corretamente, o desempenho de todas as unidades de processamento a jusante será afetado, aumentando os riscos à saúde causados pela água produzida.

A simulação dos testes de bancada no tratamento da água produzida no decorrer do Processo estudado, consiste basicamente em algumas etapas (Figura 2):

1. Junção da água produzida e óleo (oriundos da plataforma estudada) em um funil de separação, onde é agitado manualmente por alguns minutos - simulando o petróleo extraído entrando no processamento primário, nos separadores gravitacionais.

2. Após a agitação é realizada a segregação da água - nesta etapa é coletado uma pequena quantidade suficiente para medir o pH, e após a medição retorna com a fração para o funil.

3. É transferido a água restante do funil para um outro recipiente com coluna de flotação com placa porosa, assemelhando a entrada no hidrociclone - neste processo, simula a separação da água e do óleo, onde ela é enviada para o sistema de tratamento da água produzida.

4. Após a troca de recipientes, é introduzido substâncias que auxiliam no processo de floculação, sofrendo uma agitação rápida - misturando a substância química com água de produção, com a finalidade de elevar a dispersão do coagulante e desestabilizar as partículas de óleo.

5. Agitação lenta, nesta etapa permitindo um maior contato entre as partículas e juntando-as formando flocos.

6. Injeção de bolhas de ar - nesta etapa as partículas de óleo que se juntaram (flocos), a partir da introdução das bolhas de ar permite que essas partículas flotem (vão para superfície) mais rápido.

7. Coleta do efluente tratado.

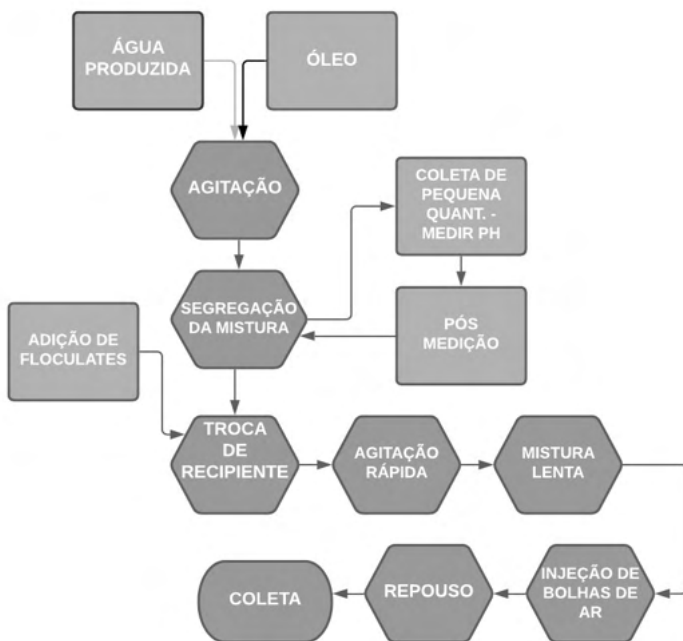



Figura 2: Tratamento de água produzida em escala de bancada

Fonte: Autor Próprio, 2020.

Após a coleta da amostra tratada de água produzida, são realizados testes ecotoxicológico agudo, utilizando a bactéria marinha *Vibrio fischeri*, consistindo o teste na exposição da bactéria liofilizada a diferentes diluições de amostras tratadas dentro de um determinado período de tempo (Figura 3 - A), simulando a Zona de Mistura (área no corpo receptor no qual decorre a diluição inicial do efluente). O critério de avaliação do teste é a redução da luminescência após o tempo de contato, sendo utilizado o equipamento analisador, tal método obedece a norma da ABNT NBR 15411-3 (Figura 3 - B).

Segundo a norma, a determinação do efeito inibitório de amostras de água sobre a luminescência de *Vibrio fischeri* e de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo software (software Omni versão 4.1 do próprio dispositivo MICROTOX). As bactérias liofilizadas utilizadas também são obtidas na SDI e armazenadas a -20ºC. Cada ampola contém uma cultura de 108 células. Ao medir a luminosidade das bactérias em 5, 15 e 30 minutos, a toxicidade aguda (EC50) foi determinada a partir uma série de diluições. O resultado obtido no teste de ecotoxicidade expresso em concentração nominal da amostra, causa um efeito de 50% nos organismos testados em relação ao controle em condições de ensaios após um período de 30 minutos de exposição.

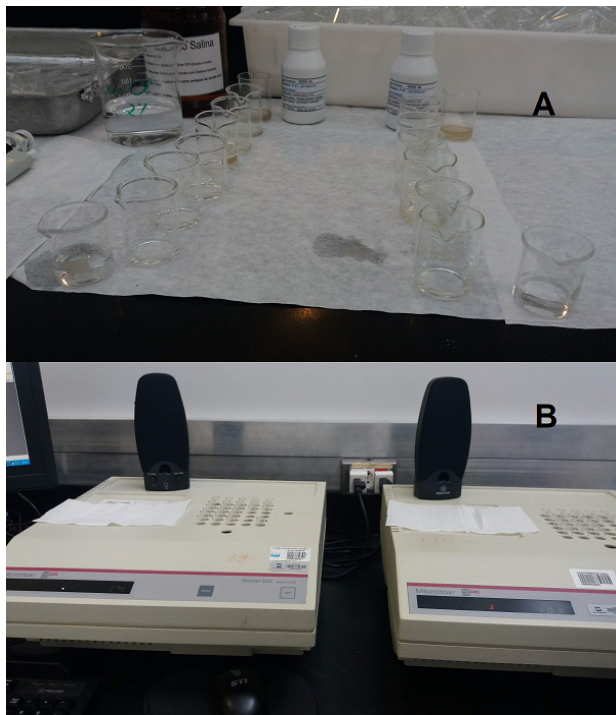



Figura 3: Diluições de amostras e equipamento de medição da luminosidade da bactéria *Vibrio Fischeri*. Fonte: IBAMA, 2020 (adaptado).

Para determinar o efeito tóxico, o software compara a amostra e a solução de controle em várias diluições com base na luz emitida. Quanto menos luz emitida, mais tóxica é a amostra. Portanto, a toxicidade relativa da amostra é expressa como um percentual de inibição em relação ao controle (STOLTE et al., 2012).

O processo do IBAMA dispõe de relatórios contendo o descritivo da planta de tratamento de água produzida, além do diagnóstico com a indicação da eficiência de tratamento em cada ponto (antes e depois da otimização), melhorias implementadas durante a otimização, além de melhorias implementadas na gestão do tratamento.

Com o intuito de evitar que a geração de resíduos cause danos ao meio ambiente, o manejo adequado é de fundamental importância, desde a origem até o tratamento e disposição final, são essenciais (IFC, 2007). Portanto, uma compreensão detalhada da composição química da água produzida é essencial para entender o impacto da liberação dessas águas residuais no ambiente marinho. Isso porque, além da grande diferença de toxicidade, os diferentes compostos orgânicos encontrados na água produzida também serão fortemente afetados por processos como precipitação, evaporação, fotooxidação, adsorção, oxidação química, biodegradação e biodisponibilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de ser solicitado a adoção dos testes ecotoxicológicos, o órgão ambiental, IBAMA, recebe uma solicitação da empresa licenciada para a substituição de um produto químico, através do envio da ficha de informação de segurança de produto químico (FISPQ) e outras informações meramente descritiva visando modificações no tratamento de água produzida.

O ensaio ecotoxicológico tem sido utilizado no apoio à decisão do gerenciamento de água produzida no Brasil. Além de se obter resultados com maior precisão, o tratamento dela em laboratório permite simular a partir de condições controladas, o que difere de testes realizados nas plataformas onde depara-se com ambientes que não possui um controle, sendo obtidos resultados anormais e distantes entre si, como pode ser observado na Quadro 1, no qual demonstra durante a realização de um embarque na plataforma X, contida no decorrer do Processo, demonstrando a variância na quantidade do teor de óleos e graxas (TOG) na água de processo entrando processamento primário em horários próximos.

Data/Hora	Tog entrada no skimmer (mg/l)	Eficiência	Tog saída do skimmer (mg/l)
19/02/2018 04:52	145	83,45%	24
19/02/2018 11:15	145	87,59%	18
19/02/2018 13:55	107	89,72%	11
19/02/2018 16:00	138	92,75%	10
19/02/2018 22:15	114	92,98%	8
20/02/2018 07:55	184	88,04%	22
20/02/2018 12:15	165	92,73%	12
20/02/2018 16:05	164	83,54%	27
20/02/2018 19:44	128	91,41%	11
21/02/2018 07:28	158	91,77%	13
28/02/2018 08:30	119	84,87%	18
28/02/2018 11:40	129	85,27%	19
28/02/2018 15:55	119	87,39%	15
28/02/2018 19:35	139	81,29%	26
01/03/2018 08:10	129	95,35%	6
01/03/2018 12:05	116	93,10%	8
01/03/2018 16:05	109	93,58%	7
01/03/2018 19:00	124	95,97%	5
02/03/2018 08:20	112	94,64%	6
03/03/2018 08:05	239	93,72%	15
03/03/2018 12:15	690	97,10%	20
03/03/2018 16:00	493	98,17%	9
03/03/2018 19:30	1128	99,20%	9
04/03/2018 08:05	729	98,77%	9
04/03/2018 12:20	728	98,76%	9

Quadro 1: Dados de TOG na entrada e saída do processamento primário

Fonte: IBAMA, 2020 (adaptado).

O CONAMA 393, de 2007, permite o descarte de água produzida com um limite máximo diário de óleos e graxas de 42 mg/L e de 29 mg/L mensal. Se simplesmente for para atender o limite da resolução, o órgão ambiental que irá avaliar os resultados dos testes está sujeito a permitir a realização destes ensaios de rota química a bordo das plataformas, desde que obedeça a essa margem. Todavia, o TOG é o único parâmetro da resolução que exige limite de lançamento, contudo o uso de ácidos de demais produtos químicos para o tratamento da água produzida com o intuito de reduzir o teor de óleo e graxas é frequente, podendo este efluente descartado gerar riscos ao meio ambiente. Contudo a análise de toxicidade permite e viabiliza uma melhor tomada de decisão do agente ambiental na anuência para o tratamento a bordo.

A utilização da bactéria marinha *Vibrio Ficheri*, permite um resultado mais rápido (apenas 30 minutos) e com fácil manuseio (HARMEL, 2004). Além de ser considerado através de pesquisas internacionais e nacionais de excelente aceitação, por apresentar inúmeras vantagens, como a boa produtividade, rapidez e simplicidade de sua execução, na qual diversos países adotaram o seu uso (ROSA *et al.,* 2016). No Brasil, o ensaio com a bactéria luminescente vem sendo visto com excelente aceitação pelas empresas e pelos órgãos ambientais, padronizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados é possível observar a importância dos testes em escala de bancada, com o objetivo de melhorar os resultados na remoção de óleo e graxas e de contaminantes nela presentes, visto que esses testes atuam como parâmetro para a substituição do tratamento já utilizado a bordo das plataformas para o descarte de água produzida, e assim buscar uma melhor compreensão quanto ao impacto da água produzida no meio ambiente, além de funcionar como atualização dos regulamentos. É importante não só atender a resolução Conama 393/2007, mas avaliar os princípios de toxicidade do efluente. Pode-se constatar que o uso da bactéria marinha *Vibrio fischeri* no teste pode determinar a presença de toxicidade em amostras líquidas por inibir a luminescência, além de possui um alto potencial de aplicação socioeconômica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE VT, ANDRADE BG, COSTA BR, DEZOTTI MC, PEREIRA OA (2009) Toxicity Assessment of Oil Field Produced Water Treated by Evaporative Processes to Produce Water to Irrigation. World Congress on Water Reclamation and reuse. 7th IWA.

Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL (2008) Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 3ª Edição. 263p.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível ANP (2019) Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural número 101.

BARSZCZ LB, BELLATO FC, BENASSI RF, MATHEUS DR (2019) Avaliação ecotoxicológica de efluentes tratados por alagados construídos. UFABC 24: 6.

CANELAS ALS (2007) Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no Brasil: Contribuição a variáveis macroeconômicas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Andr%C3%A9_Lu%C3%ADs_de_Souza_Canelas.pdf.> Acessado em 05 de setembro 2020.

CUNHA REP (2007) Modelagem matemática da separação gravitacional de emulsões de petróleo. Dissertação de Mestrado, Universidade Tiradentes. Disponível: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=92292. Acessado em 05 de setembro 2020.

DI BERNARDO L (2003) Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. PROSAB 3: 460-480.

FAKHRUL-RAZI A, ALIREZA P, LUQMAN CA, DAYANG RAB, SAYED SM, ZURINA Z A (2009) Review of Technologies for oil and gas produced water treatment. Journal of Hazardous Materials 170: 530-551.

FRASER GS, ELLIS J (2009) The Canada-Newfoundland Atlantic Accord Implementation act: Transparency of the environmental management of the offshore oil and gas industry. Science Direct 33: 312-316.

GABARDO IT (2007) Caracterização química e toxicológica da água produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Físico-Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.

GOMES APP (2014) Gestão Ambiental da água produzida na indústria de petróleo: Melhores práticas e experiências internacionais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

HARMEL VC (2004) Padronização de um teste de toxicidade crônica com a bactéria luminescente Vibrio fischeri para a análise de qualidade de águas superficiais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina.

International Finance Corporation IFC (2007) Environmental, health and safety guidelines for onshore oil and gas development. World Bank Group.

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais e Renováveis IBAMA (2020) Processo: 02001.000128/2018-26.

Ministério do Meio Ambiente MMA. Resolução CONAMA 393, de 8 de agosto de 2007.

Ministério de Minas e Energia MME (2016). Boletim de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural n. 56.

NEFF JM, SAUER TC, HART AD (2011) Bioaccumulation of hydrocarbons from produced water discharged to offshore waters of the US Gulf of Mexico. New York: Springer Science, 608 p.

International Association of Oil and Gas Producers OGP (2005) Fates and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment.

PÁDUA VL, FERREIRA ACS (2006) Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG. 48-60 p.

PETROBRAS https://presal.hotsitespetrobras.com.br/tecnologias-pioneiras/#0. Acesso em: 19 de maio 2020.

ROSA DS, DA SILVA LA, WALTRICK S (2016) Vibrio Fischeri: Uma abordagem prática através da Biotecnologia. Maiêutica-Gestão Ambiental 4: 16-18.

SEGUI PN (2009) Bioatenuação da geração de sulfeto, por meio da utilização de nitrato, em água produzida proveniente da extração de petróleo. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível: http://livros01.livrosgratis.com.br/cp131132.pdf. Acessado em 20 de setembro 2020.

THOMAS JE (2004) Fundamentos de engenharia de petróleo. PETROBRAS. 2:255-267.

CAPÍTULO 6

O USO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL E TOMADAS DE DECISÃO NAS ORGANIZAÇÕES

Data de aceite: 01/12/2021

Marcelo Real Prado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão
https://orcid.org/0000-0003-1752-0566

Paulo Daniel Batista de Sousa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba
http://lattes.cnpq.br/8658845404257844

RESUMO: A Avaliação do Ciclo de Vida - ACV é uma metodologia importante, pois permite uma contabilização ambiental, onde são consideradas as retiradas de recursos naturais e energia da natureza e as "devoluções" para a mesma, permitindo avaliar os impactos ambientais potenciais gerados. O conhecimento do ciclo de vida de um produto é o primeiro passo na busca do desenvolvimento sustentável. O trabalho tem como objetivo apresentar a ACV como instrumento de auxílio aos estudos de controle e otimização de processos, com o intuito de conhecer melhor o produto e sua influência sobre o meio ambiente, auxiliando processos de tomada de decisão em sistemas de gestão ambiental. Pode-se concluir que a ACV subsidia a identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos e processos. Pode ainda contribuir para a seleção de indicadores de desempenho ambiental, bem como o marketing, como a implementação de rotulagem ambiental. Por fim a ACV contribui com o nível de informação dos tomadores de decisão nas indústrias e organizações visando planejamento estratégico, definição de prioridades e apoio a projetos de novos produtos e processos.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores ambientais. Prevenção à poluição. Desempenho ambiental.

THE USE OF LIFE CYCLE ASSESSMENT AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND DECISION MAKING IN ORGANIZATIONS

ABSTRACT: Life Cycle Assessment - LCA is an important methodology that allows an environmental accounting, which considered the withdrawals of natural resources and energy of nature and the "returns" to the same in order to evaluate the potential environmental impacts. The product's life cycle knowledge is the first step in the pursuit of sustainable development. The work aims to present the ACV as aid instrument to study control and process optimization, in order to understand the product and its influence on the environment, supporting decision-making processes in environmental management systems. It can conclude that the LCA subsidizes the identification of opportunities to improve the environmental performance of products and processes. You can also contribute to the selection of environmental performance indicators as well as the marketing, as the implementation of environmental labeling. LCA helps with the level of information to decision makers in industries and organizations to strategic planning, priority setting and support the projects of new products and processes.

KEYWORDS: Environmental indicators, Pollution prevention, Environmental performance.

1 | INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, a consciência ambiental dos consumidores tem crescido de tal forma que as autoridades e os setores produtivos busquem cada vez mais informações sobre os impactos ambientais associados aos processos produtivos e, uso e descarte final dos produtos.

Atualmente, consumir, cada vez em maiores proporções, aparenta ser sinônimo de felicidade. Impelidos pela necessidade de vender seus produtos, os fabricantes investem grandes quantias de dinheiro com propaganda, para incutir esse conceito na população. Porém, o elevado consumo está colocando o planeta em risco (MOURAD et al., 2002).

Por outro lado, quando da compra de um produto sem a preocupação de como foi feito e o destino que terá após seu uso, está-se colaborando, sem perceber, para a degradação do meio ambiente.

As indústrias têm dado cada vez mais atenção às propriedades ambientais de seus produtos visando também diferenciá-los para aumentar a fatia de mercado das empresas. Várias técnicas de gestão têm sido empregadas para avaliação dos impactos ambientais dos produtos, dentre as quais, a ACV – Avaliação do Ciclo de Vida, que estuda a complexa interação entre o produto e o meio ambiente (CHEHEBE, 1998).

Existe hoje a necessidade de realizar estudos da ACV de processos e produtos para o levantamento de números mais exatos sobre as performances energéticas, de consumo de recursos naturais, de geração de resíduos e sua consequente influência no meio ambiente.

O meio empresarial foi obrigado a promover sucessivas alterações de conduta, no sentido de reduzir os efeitos ambientais adversos provocados por suas atividades. Tais ações tinham por objetivo, antes de absorver novos nichos de mercado, garantir a manutenção das posições já conquistadas (SEO & KULAY, 2006).

A crescente preocupação com as questões ambientais tem exigido maior responsabilidade por parte das indústrias, comércio e autoridades, induzindo as organizações a serem cada vez mais sustentáveis, ou seja, incentivando o campo corporativo a aumentar a produção, com menor impacto ambiental possível.

Todavia, manter a conservação ambiental, está sendo um desafio cada vez maior, pois a elevada densidade demográfica exige maior produtividade e como consequência faz-se necessário cada vez mais a retirada de insumos, provindo na maioria das vezes dos recursos naturais.

Além do aumento da extração de recursos, os processos produtivos necessitam de maior quantidade energética para atender a demanda e como resultado geralmente são as elevadas quantidades de resíduos.

Diante deste cenário, as empresas estão sendo incentivadas a repensar seus processos produtivos de forma com que minimizem os impactos gerados em decorrência do processo industrial. Este pensar exige planejamento, análise, interpretação com a finalidade de gerar melhorias no processo, ou seja, uma otimização quanto ao uso dos recursos naturais, reaproveitamento de materiais, reciclagem, substituição de produtos nocivos ao meio ambiente e mudanças de tecnologias utilizadas.

2 | AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA – ACV

A ACV surgiu em meados da década de 60, como sendo um tipo de avaliação sistêmica, em que se consideram os diversos estágios pelo qual o produto atravessa (desde a extração de matérias-primas até o descarte final pós uso) e os respectivos impactos ambientais causados (SETAC, 1993).

Tal avaliação pode ser conduzida tanto por meio da identificação de todas as interações ocorridas entre o ciclo de vida de um produto e o meio ambiente, como pela avaliação dos impactos ambientais potencialmente associados a tais interações (CURRAN, 1996).

A realização da ACV compreende quatro fases: a definição do objetivo e do escopo, a análise do inventário, a avaliação de impacto e a interpretação, todas apresentadas na sequência e ilustradas na Figura 1.

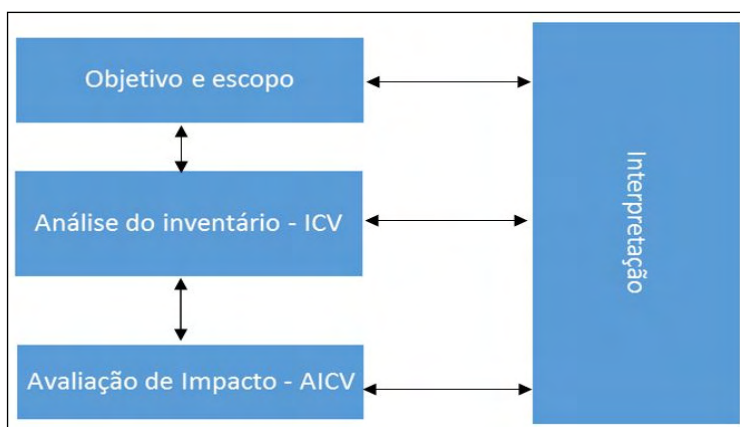



Figura 1 – Fases de uma Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

Fonte: ABNT, 2009a

2.1 Definição do objetivo e escopo

O objetivo deve ser estabelecido de forma clara e deve conter a aplicação do estudo, as razões, o público ao qual se destina esse estudo e a intenção de divulgação pública dos

resultados.

Em geral, os objetivos mais comuns em uma ACV consistem na geração de informações para auxiliar a tomada de decisão, seja para o planejamento estratégico, seja para o desenvolvimento de produtos, estabelecimento de políticas públicas ou para o marketing (ABNT, 2009a).

Após a definição do objetivo, deve-se estabelecer o escopo, que consiste nos limites em que o estudo é válido, destacando-se a unidade funcional, o fluxo de referência, as fronteiras e o sistema do produto.

2.2 Análise do inventário

O passo seguinte é a análise do inventário do ciclo de vida - ICV, quando são efetuadas a coleta e a quantificação de todas as variáveis envolvidas durante o ciclo de vida do produto, processo ou atividade. São realizadas medidas, procuras em literatura, cálculos teóricos e busca em bancos de dados (CHEHEBE, 1998).

A forma com que as entradas de materiais serão realizadas deve ser selecionada durante a definição do escopo, sendo que todas as suposições usadas para fazer as escolhas devem ser identificadas, de forma que apenas os fluxos de materiais mais significativos sejam estudados. Os critérios usados para selecionar os materiais significativos incluem a relevância mássica, energética e ambiental.

Entre as principais categorias ambientais, são consideradas as emissões atmosféricas, os efluentes e os resíduos sólidos, que podem ser gerados a partir de fontes pontuais ou difusas. Barulho, vibrações, radiação, odor e despejos quentes também são considerados categorias ambientais, mas em menor grau. A unidade de cada categoria de dados deve ser dada por massa de um dado produto ou material (KNIGHT, 1996).

2.3 Avaliação de impacto

A avaliação de impacto do ciclo de vida – AICV é a etapa que consiste em relacionar os resultados e levantamentos realizados na etapa anterior (ICV) às categorias de impacto como, por exemplo, mudanças climáticas, eutrofização, acidificação, uso e ocupação do solo, perda da biodiversidade, entre outros (GIANNETTI & ALMEIDA, 2006). A Figura 2 ilustra as etapas para a avaliação de impacto.

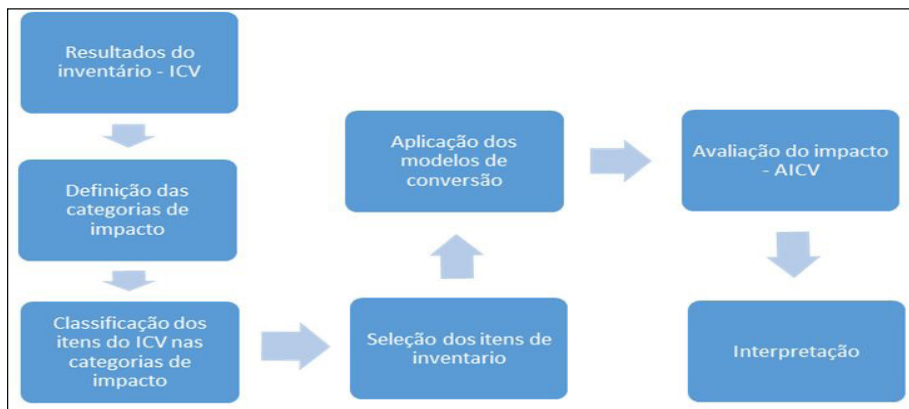



Figura 2 – Etapas para Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

Fonte: GIANNETTI & ALMEIDA, 2006.

Esta etapa tem como objetivo estudar a significância dos impactos ambientais potenciais, baseados nas informações obtidas no ICV (ABNT, 2009b).

Além de fornecer informações para a fase de interpretação do ciclo de vida, a AICV pode incluir ainda uma análise crítica do objetivo e escopo, no sentido de verificar se ambos foram atingidos ou ainda para modificar o objetivo e escopo se a avaliação indicar que os mesmos não serão alcançados (ABNT, 2009a).

Para realização de uma AICV, deve-se primeiramente definir quais as categorias de impacto são as mais relevantes para o estudo. Na sequência, identificar os indicadores de categoria, que seriam os indicadores de comparação entre os diversos fluxos elementares. Por fim, escolher modelos de caracterização cientificamente comprovados, os quais estabelecem fatores de contribuição dos fluxos elementares às categorias de impacto previamente definidas.

2.4 Interpretação

Na etapa de interpretação são realizados estudos para o desenvolvimento de prioridades e são feitas as avaliações possíveis, identificando oportunidades para a redução do ônus ambiental.

A interpretação é sempre baseada em uma série de princípios ou suposições centrais, entre as quais pode-se citar a minimização do uso de recursos não renováveis e de energia e a minimização do uso de materiais e processos tóxicos (PRADO & KASKANTZIS NETO, 2014).

Também devem ser destacados a minimização do uso de materiais ou processos conhecidos por causar potenciais problemas ao meio ambiente, a minimização dos vários tipos de emissões e o empenho em reforçar fontes de redução, reutilização, reciclagem e recuperação (KNIGHT, 1996).

Baseado no princípio de análise crítica pode-se sugerir a implementação de algumas estratégias de produção, como a substituição e recuperação de materiais, a reformulação ou substituição de processos, o aumento na eficiência dos processos e a diminuição do uso de recursos naturais, visando a preservação ambiental.

2.5 A ACV no Brasil e no mundo

Existem inúmeros trabalhos já desenvolvidos utilizando a ferramenta ACV. No Brasil, por exemplo, existem estudos de ACV dos mais diversos produtos, como o estudo de ACV para diferentes sistemas de embalagens para alimentos desenvolvido pelo CETEA – Centro de Tecnologia de Embalagem, concluído em 2000. O grupo é um dos precursores em estudos de ACV no Brasil.

Já Almeida (2002) concluiu um estudo de ACV de pneus automotivos, utilizando a ferramenta para avaliar as possibilidades de gerenciamento de pneus inservíveis no Brasil, tomando como referência a produção de pneus à partir da borracha natural.

O trabalho incluiu a identificação das vantagens e desvantagens do ponto de vista ambiental dos estágios do ciclo de vida do pneu no contexto brasileiro e quais são as alternativas para disposição final de pneus inservíveis. Os estágios de descarte e de utilização foram avaliados como os de maiores impactos negativos no ciclo de vida do pneu automotivo.

A partir desse trabalho também foram evidenciados os desenvolvimentos tecnológicos mundiais na área de disposição final de pneus inservíveis. Foram citadas as tecnologias de regeneração e desvulcanização de borrachas, de pirólise e combustão de pneus.

O Brasil se encontra no mesmo patamar de países desenvolvidos com grande descarte de pneus, em relação ao uso de tecnologias para a disposição final de pneus inservíveis e também no desenvolvimento de novas tecnologias (ALMEIDA, 2002).

No ano de 2001 foi desenvolvida uma tese de doutorado sobre a ACV de materiais e componentes automotivos. Dentre os objetivos do trabalho, foi feita uma verificação, de forma qualitativa, das ações de reuso, reciclagem e recuperação energética como alternativas para disposição em aterro de alguns componentes automotivos.

Para alcançar este fim, utilizou-se a metodologia de ACV. Os resultados do estudo de Ugaya (2001) mostraram que a substituição do aço pelo alumínio só seria vantajosa do ponto de vista ambiental com a redução do peso do veículo. A ACV qualitativa mostrou que as alternativas de reciclagem e recuperação energética para os componentes automotivos avaliados devem ser realizadas com maior cuidado, para que os impactos ambientais causados por esses processos sejam menores que a disposição final (UGAYA, 2001).

Uma outra pesquisa realizada ilustrou o uso da ferramenta em estudo do processo de geração de bagaço de cana-de-açúcar, nas usinas sucro-alcooleiras do Brasil, no intuito de apontar melhores formas de disposição e reuso do produto gerado durante a produção

de álcool combustível e açúcar. A atividade de queima da palha na lavoura foi identificada como o "ponto crítico" do processo, ou seja, a atividade que mais causa danos ao meio ambiente.

Segundo Nakano (2006), esses resultados podem servir de base para estudos sobre a substituição da colheita manual pela mecanizada, quando o foco for meio ambiente global e local. No âmbito global, outro resultado do estudo foi a grande contribuição da queima para o Efeito Estufa, e consequentemente o aumento da temperatura da terrestre.

No âmbito local, não estudado nessa ACV, conta-se com a poluição atmosférica da fumaça das queimadas ocasionando problemas respiratórios, poluição visual, fuligem e particulados depositados, causadores de sujeira e diminuição da visibilidade em estradas (NAKANO, 2006).

Um outro grupo de pesquisadores aplicaram a ACV para estudo do uso do solo na agricultura comparando resultados de três diferentes culturas: semente de colza da Suécia, soja do Brasil e o óleo de palma da Malásia (MATTSSON et al., 2000).

Na França, em 2002, foi realizado um estudo de ACV para avaliar os benefícios do uso do gás natural em ônibus (RABL, 2002).

Um grupo de pesquisadores suíços realizou, em 2001, um estudo de ACV de pesticidas e suas influências na saúde humana e no meio ambiente (MARGNI et al., 2001).

Um estudo sobre o sistema de geração e distribuição de energia elétrica foi desenvolvido no Brasil, utilizando a ferramenta ACV. O trabalho consistiu em avaliar os impactos causados pela produção e distribuição da energia produzida no país, comparando os sistemas de hidrelétricas, termoelétricas e sistemas de produção de energia nuclear (COLTRO, 2003).

O conceito de "ciclo de vida" amplia a visão sobre o processo de produção industrial, porque possibilita a melhoria do seu desempenho, tanto do ponto de vista econômico como do ambiental.

Incorporar considerações ambientais como objetivo de procedimentos de otimização da atividade industrial representa o início de uma mudança de paradigma no processo industrial, tradicionalmente direcionado apenas para o foco econômico (XAVIER et al., 2004). Esta seria uma das justificativas para a diversificada gama de aplicações do uso da ferramenta ACV.

2.6 Aplicações e limitações da ACV

As análises de desempenho ambiental de produtos e processos estão sendo realizadas com o uso da ACV. As principais aplicações envolvem a análise da origem de problemas de um determinado produto, a comparação entre possíveis melhorias de um produto, a identificação de prontos fortes e fracos de uma certa opção, referências para a elaboração e desenvolvimento de um novo projeto de produto, além da escolha entre dois produtos semelhantes, com base em seus balanços ecológicos (GIANNETTI & ALMEIDA,

2006).

Desenvolver e utilizar tecnologias mais limpas, maximizar o potencial de reciclagem e reuso de matérias primas e resíduos e a decisão sobre a aplicação do método mais apropriado para prevenção e controle da poluição são fatores que podem ser baseados em uma ACV.

Para as indústrias em geral, as principais vantagens de uma ACV são: identificar os processos, materiais e sistemas que mais contribuem para o impacto ambiental; comparar entre as opções que elencar, e definir qual o processo com vistas à minimização dos impactos e; oferecer um tipo de roteiro ou guia que permita traçar estratégias de médio e longo prazos para melhor utilização dos recursos para desenvolvimento de um produto.

Por outro lado, o setor público também pode fazer uso dos estudos de ACV para desenvolver políticas públicas para regulamentação do uso de recursos naturais e matérias primas, conservação de reservas e auxiliar nos processos de implementação de tecnologias alternativas para minimização e utilização de resíduos.

Como resultados dessas aplicações, tais setores poderiam fornecer informações para a sociedade em geral, sobre as características de determinados produtos e processos (GIANNETTI & ALMEIDA, 2006).

Porém, com relação a metodologia de estudo da ACV, verifica-se que a coleta de dados é bastante complexa e demanda tempo para análise e compreensão. Além disso, cabe salientar que os resultados alcançados refletem a realidade das indústrias em que foram coletados os dados e das regiões onde elas estão localizadas (PRADO, 2007).

A característica abrangente do estudo o qual se propõe a analisar todos os fluxos de materiais e energia do ciclo de vida de um determinado produto podem tornar difícil sua aplicação por demandar um longo tempo. O processo de coleta de informações pode acabar sendo inviabilizado por motivos diversos, tais como o desinteresse de empresas ou setores produtivos, a preservação da confidencialidade no uso de informações relacionadas a determinados insumos e tecnologias. Deve-se salientar que ainda há a reticência de muitas corporações em despertar a atenção de agências ambientais como também de organizações não-governamentais para aspectos ambientais de seus processos, temendo com isso ser objeto de sanções das mais variadas naturezas (SEO & KULAY, 2006). Uma outra questão importante trata-se do fato de que a ACV se limita a descrição física de um sistema, não podendo incluir processos como demanda de mercado ou situação econômica e social onde o sistema está inserido no estudo.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A época que ficou conhecida como a "Guerra das ACV´s", logo após o seu surgimento, ocasionou grande desconfiança e pouco crédito foi dado à nova ferramenta de estudos ambientais. Havia manipulação dos resultados em muitos estudos realizados

pelo fato de haver uma grande diversidade de padrões e critérios para a aplicação da metodologia. Aliado a isso, a falta de bancos de dados amplos e confiáveis e os elevados custos envolvidos na realização dos estudos favoreciam e aumentavam tais problemas.

Com o surgimento da padronização da metodologia feita pela International Organization for Standardization (ISO), esses problemas foram sanados.

Atualmente no Brasil, a Associação Brasileira de Ciclo de Vida – ABCV, está centrada em atuar em duas grandes frentes: a formação de competências em ACV e a construção de um banco de dados nacional para auxiliar os estudos de ACV realizados no país. Até então, a única opção é um banco de dados suíço que, apesar de contemplar informações de diversos processos em inúmeros lugares do mundo, ainda são incompletos e não retratam a real condição e cenários brasileiros, por exemplo.

Para os tomadores de decisão nas organizações, a ACV vem sendo muito utilizada para estudos de desempenho ambiental.

Para essa aplicação, a ACV se presta à seleção de opções de projeto, em particular no que se refere à busca de novos materiais, formas de energia alternativas e implementação de melhorias de processo visando a minimização de perdas e a concepção de produtos menos agressivos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida - princípios e estrutura – NBR ISO14040**. Rio de Janeiro – RJ. ABNT. 21 p., 2009a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações – NBR ISO14044**. Rio de Janeiro – RJ. ABNT. 46 p., 2009b.

ALMEIDA, M.C. **Estudo do ciclo de vida do pneu automotivo e oportunidades para a disposição final de pneus inservíveis**. São Carlos-SP. 2002. 167 p.

CHEHEBE, J.R.B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

COLTRO, L. A aplicação da Análise de Ciclo de Vida no Brasil. **Revista Meio ambiente Industrial**. São Paulo – SP. Edição: 42. N. 41, p. 72-80, 2003.

CURRAN, M.A. (coord.). **Environmental Life Cycle Assessment**. New York: McGraw Hill, 1996.

GIANNETTI, B.F.; ALMEIDA, C.M.V.B. **Ecologia Industrial – conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006. 109 p.

JÖNSON, G. **LCA – A tool for measuring environmental performance**. Surrey: Pira International. United Kingdom, 1996. 190 p.

KNIGHT, A.; WOLFE, J.; POON, J. **Life cycle assessment**. Toronto: ICF Kaiser Canadá, 1996. 35p.

MARGNI, M.; ROSSIER, D.; CRETTAZ, P.; JOLLIET, O. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Suíça, n.1904, p.1-14, 2001.

MATTSSON, B.; CEDERBERG, C.; BLIX. L. Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. **Journal of Cleaner Production**, Suécia, n.8, p.283-292, 2000.

MOURA, F., GÓIS, V., TORRES, P., MARTINHO, S. **Avaliação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para o setor de transportes em Portugal**. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Nova Lisboa. Portugal. 14 p., 1999.

MOURAD, A.N., GARCIA, E.E.C., VILHENA, A. **Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e aplicações**. Campinas-SP: CETEA/ITAL, 2002, 92 p.

NAKANO, V.H. **Avaliação do ciclo de vida da geração do bagaço de cana-de-açúcar**. Curitiba, 74 p., 2006 Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Química Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PRADO, M.R. **Análise do inventário do ciclo de vida de embalagens de vidro, alumínio e pet utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil**. Curitiba, 172 p., 2007. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná.

PRADO, M.R.; KASKANTZIS NETO, G. Environmental Analysis of Packaging for Soft Drinks Using the Life Cycle Assessment Methodology. **Chinese Business Review**, v.13, n.2, p. 94-100, 2014.

RABL, A. Environmental benefits of natural gas for buses. **Transportation Research Part D**. Paris – França. n. 7, p. 391-405, 2002.

SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry. **Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment**. SETAC Press. Pensacola-FL. 188 p., 1993.

SEO, E.S.M.; KULAY, L.A. Avaliação do Ciclo de Vida: Ferramenta gerencial para tomada de decisão. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** – v.1, n.1, São Paulo, p.1-23, 2006.

TIBOR, T.; FELDMAN, I., **ISO 14000: a guide to the new environmental management standards**. Chicago: Irwin Professional Publishing, p.131-150, 1990.

UGAYA, C.M.L. **Análise de ciclo de vida de materiais e componentes automotivos: estudo de caso no Brasil**. Campinas, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas.

XAVIER J. H. V.; PIRES, A.C. Uso potencial da metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV) para a caracterização de impactos ambientais na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia.** Brasília, v. 21, n. 2, p.311-341, 2004.

CAPÍTULO 7

COOPERAÇÃO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DA TEORIA DOS JOGOS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 30/08/2021

Erika Mayumi Ogawa
Cientista Ambiental, Universidade de Brasília
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/2002201214398118

Cristiane Gomes Barreto
Professora Adjunta, Universidade de Brasília
http://orcid.org/0000-0003-3509-3158

RESUMO: Este trabalho busca analisar as estratégias dos Estados Unidos e China em diferentes cenários do Acordo de Paris utilizando a Teoria dos Jogos. Foram considerados os custos de mitigação e adaptação, e avaliadas as estratégias que melhor maximizem os benefícios globais e do país, tendo em vista o equilíbrio de Nash. Como métodos, foram pesquisados os custos previstos para o atendimento das metas de cada país, comprometidas no Acordo de Paris. Foram calculados os *payoffs* de cada país para diferentes cenários de cooperação ou não-cooperação das partes. Os resultados mostraram diferentes equilíbrios de Nash, mas uma estratégia dominante de cooperação mútua. O jogo aponta para uma maior probabilidade e estabilidade de estratégias se ambos os países optassem pela adesão ao Acordo de Paris. Com isso, este trabalho corrobora a importância do Acordo e os benefícios estratégicos para a sua adesão global.
PALAVRAS-CHAVE: Equilíbrio de Nash; Acordo de Paris; Estratégia Dominante; Estados Unidos; China.

GLOBAL COOPERATION AND CLIMATE CHANGE: A GAME THEORY EVALUATION

ABSTRACT: This work aims to analyze the strategies of the United States and China in different scenarios of the Paris Agreement using Game Theory. The mitigation and adaptation costs were considered in calculations of the game. The strategies that maximize the overall and country benefits were evaluated considering the Nash equilibrium. As methods, the costs predicted to meet the goals of each country, committed in the Paris Agreement, were investigated. Each country's payoffs were calculated for different cooperation or non-cooperation scenarios of the parties. The results showed four Nash equilibria, but a dominant strategy of mutual cooperation. The game points to a greater probability and stability of strategies if both countries opt for adherence to the Paris Agreement. This work corroborates the importance of the Agreement and the strategic benefits for its global membership.
KEYWORDS: Nash equilibrium; Paris Agreement; Dominant Strategy; United States; China.
PALABRAS CLAVE: Equilibrio de Nash; Acuerdo de París; Estrategia dominante; Estados Unidos; China.

INTRODUÇÃO

O aquecimento global é um assunto de interesse mundial, pois todos os países estão expostos aos efeitos causados, mesmo que em diferentes intensidades (IPCC, 2014). Dada a

abrangência das causas e consequências das mudanças climáticas, uma das formas de lidar com essa questão passa pela negociação de acordos internacionais que preveem estratégias de mitigação e/ou adaptação ao aquecimento global. Esses acordos são, atualmente, a ferramenta central da governança internacional da mudança climática (IPCC, 2014).

Contudo, esses acordos preconizam, para uma efetiva mitigação, uma comprometida cooperação internacional (KEOHANE e VICTOR, 2016). Sem essa cooperação, o mais recente acordo, proposto em Paris no ano de 2015, estaria fadado a falhar, assim como aconteceu com o Protocolo de Kyoto.

Em 2012, sete anos após vigorar o Protocolo de Kyoto, 37 países superaram a meta de redução de 5% das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Contudo, as emissões globais aumentaram em mais de 16% (SCHIEMEIER, 2012). Países desenvolvidos como a Alemanha e a Dinamarca reduziram as suas emissões em 21% em relação aos níveis de 1990, enquanto Portugal, aumentou as suas emissões em 27% (SCHIEMEIER, 2012).

Tais reações podem ser compreendidas segundo a "lógica da ação coletiva", pela qual o economista e cientista social Mancur Olson (1999) esclarece que indivíduos racionais e centrados nos seus interesses não agem voluntariamente no sentido de assegurar interesses comuns. O alcance do interesse coletivo só teria sucesso por meio da coação ou se induzidos por meio de incentivos. Do contrário, sem sanções aos países não participantes, emergiria o comportamento "*free-rider*" ou "caroneiros", que são aqueles que se beneficiam do acordo sem ter participado ou contribuído com ele (OLSON, 1999). Atualmente, esse é um dos maiores desafios da política das mudanças climáticas (NORDHAUS, 2015).

Na ausência de uma autoridade coercitiva internacional no caso dos acordos de mudanças climáticas, para que haja cooperação faz-se necessária, também, uma percepção clara e aceitação das partes em relação aos benefícios resultantes dessa estratégia (cooperação). Para essa circunstância, os atores devem compartilhar uma visão de responsabilidade comum (NORDHAUS, 2015).

A Teoria dos Jogos, como um campo de pesquisa que explora cenários de combinação de estratégias, pode auxiliar na construção de modelos que projetem as perdas e ganhos dos atores e da coletividade em função das suas estratégias (FORGÓ *et al*., 2005). Seus modelos são ferramentas que permitem estudar os desafios da ação coletiva e a estrutura subjacente das estratégias quanto às políticas de mudanças climáticas nacionais. Em se tratando de externalidades globais como as mudanças climáticas, os tratados devem valorizar mecanismos estratégicos em que os ganhos individuais e coletivos (nacionais e globais) sejam maximizados na mesma proporção (STERN, 2006).

A retirada dos EUA do Acordo de Paris, assim como foi feito pelo mesmo em relação ao protocolo de Kyoto, levanta dúvidas com relação ao sucesso da política climática estabelecida na COP 21. Enquanto isso, a China que, na época do protocolo de Kyoto, não

tinha compromissos formais e, portanto, não se via compelida a reduzir suas emissões, pode se tornar um importante protagonista e líder das políticas globais sobre o clima.

Com isso, a investigação sobre as possíveis ações estratégicas entre a China e os EUA e a aplicação da Teoria dos Jogos é necessária para melhor se compreender a atual situação das negociações climáticas globais e, também, demonstrar as melhores ações estratégicas no quadro de negociações (EYCKMANS e TULKENS, 2003 *apud* ZHU-GANG et al., 2014).

Este trabalho se propõe, portanto, a analisar um conjunto de estratégias possíveis dos países mais poluidores em relação à adesão ao Acordo de Paris. Serão considerados os custos de mitigação e adaptação, para que seja avaliada, por meio da Teoria os Jogos, as estratégias que melhor maximizem os benefícios globais e do país, tendo em vista, principalmente, o equilíbrio de Nash.

MATERIAL E MÉTODOS

Como primeiro passo da pesquisa, foram selecionados os jogadores (*players*) a serem avaliados sob o modelo de jogo não-cooperativo que representa o Acordo de Paris. Para tanto, foram selecionados os dois países mais poluentes, em números absolutos, do mundo: a China e os Estados Unidos (KEMP-BENEDICT *et al.*, 2017). Os dois países somados representam mais de 40% das emissões globais e representam dois atores relevantes para os acordos climáticos internacionais.

Na sequência, foram levantadas detalhadamente as normas que regem o Acordo de Paris, bem como, as metas e intenções de redução de emissões, apresentadas nas contribuições nacionalmente determinadas - as NDC (*Nationally Determined Contributions*), os valores de investimento, os custos de mitigação e de adaptação, entre outros valores que possam entrar nas formulações matemáticas.

A estratégia de para obtenção dos dados foi por meio de fontes secundárias, como pesquisas e relatórios disponíveis em sites como *Fasty Company*, *BNP Paribas* e *Climate equity reference calculator* (KEMP-BENEDICT *et al.*, 2017), que disponibilizam os valores estimados para o custo de mitigação e adaptação da China, dos EUA e para o restante do mundo.

Foi estabelecido o conjunto possível de combinações de estratégias individuais e combinadas entre os dois jogadores (China e EUA). Na matriz de estratégias, foram estabelecidos os *payoffs* como resultado das formulações matemáticas que representam os investimentos e perdas monetárias de acordo com a estratégia adotada.

Os elementos do modelo são: G = {USA, China}; S_{USA} = {Cooperar, não-cooperar}; S_{CHN} = {Cooperar, não-cooperar}; S = {(Coopera, Coopera), (Coopera, não-coopera), (não-coopera, Coopera), (não-coopera, não-coopera)}.

Onde G é o jogo (*game*) e S são as estratégias (*strategies*). A combinação das

estratégias gera quatro cenários distintos de cooperação e/ou não-cooperação entre os países.

A matriz de função de utilidade (*payoff* - π) corresponde a:

		China	
		Coopera	Não-coopera
EUA	Coopera	(π_{EUA1}, π_{CHN1})	(π_{EUA2}, π_{CHN2})
	Não-coopera	(π_{EUA3}, π_{CHN3})	(π_{EUA4}, π_{CHN4})

Para o cálculo dos payoffs, foram formuladas as equações considerando as diretivas financeiras dos termos do acordo de Paris para cada n cenário:

$$\pi_{EUAn} = -(M_{EUAn}+A_{EUAn}+Ai_{EUAn}+F_{EUAn})$$
$$\pi_{CHNn} = -(M_{CHNn}+A_{CHNn}+Ai_{CHNn}-F_{EUAn})$$

Onde:

M = Custo de investimento necessário para alcançar as metas de redução do iNDC do país para o ano de 2020;

A = Custo de adaptação previsto para os países em 2020;

Ai = Custo incremental de adaptação caso alguns países não cooperem, para 2020;

F = Custo de contribuição com o Fundo Verde do Clima.

Todos os custos estão expressos em US$ milhões (milhões de dólares americanos) e se referem ao ano de 2020.

		China	
		Coopera	Não-coopera
EUA	Coopera	44,8	51,3
	Não-coopera	46,6	53,1

Quadro 1 – Valores globais projetados de gases de efeito estufa em GtCO2eq para cada cenário de combinações de estratégias. Elaborado a partir dos dados de KEMP-BENEDICT *et al*. (2017).

Para que esses valores possam ser incorporados nos cálculos dos *payoffs*, foram estimados os custos incrementais para adaptação, respeitando o custo médio de US$91/ton. Os quadros a seguir representam a quantidade incremental de GEE, tendo em vista as projeções para 2020 e pressupondo que os demais países signatários do Acordo de Paris cumpririam suas metas.

		China	
		Coopera	Não-coopera
EUA	Coopera	0	6,5
	Não-coopera	1,8	8,3

Quadro 2 – Representação da quantidade incremental de gases de efeito estufa, emitidos em 2020 nos diferentes cenários para Estados Unidos (EUA) e China. Elaborado a partir dos dados de KEMP-BENEDICT *et al.* (2017). Valores em GtCO2eq.

		China	
		Coopera	Não-coopera
EUA	Coopera	0, 0	591, 591
	Não-coopera	163, 163	755, 755

Quadro 3 – Custo de adaptação incremental (Ai) para o ano de 2020, considerando os diferentes cenários para Estados Unidos (EUA) e China. Valores em US$ milhões.

Por fim, foram incorporados à equação, os custos relativos ao Fundo Verde do Clima. Foi tomada como base de cálculo os US$ 500 milhões depositados pelos EUA em 2014. Na fórmula, esse valor se soma aos *payoffs* para os EUA e, admitimos que ele subtrai os *payoffs* para a China, considerando que esta poderia ser uma beneficiária do Fundo, na mesma proporção.

$$\pi_{EUAn} = -(M_{EUAn}+A_{EUAn}+Ai_{EUAn}+F_{EUA})$$

$$\pi_{CHNn} = -(M_{CHN1}+A_{CHNn}+Ai_{CHNn}-F_{EUA})$$

Para a modelagem do jogo, foram obedecidos os seguintes pressupostos: i) o modelo deve permitir interações; ii) envolver mais de um agente; iii) permitir a racionalidade; e iv) priorizar o comportamento estratégico (LEONETI, 2012). As estratégias de adesão ou não-adesão foram modeladas no *software* GAMBIT - *Software Tools for Game Theory* (McKelvey, 2016). Os *payoffs* foram inseridos no programa e, a partir disso, foi buscado o(s) equilíbrio(s) de Nash e determinar a estratégia dominante do jogo, tendo em vista o modelo não-cooperativo para representar o Acordo de Paris.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados e os valores levantados na etapa de identificação dos custos que permitiram o cálculo dos *payoffs* de cada país (China e EUA) em cada cenário possível de combinação de estratégias (cooperar ou não-cooperar) representadas pela adesão ou não ao Acordo de Paris.

		China	
		Coopera	Não-coopera
EUA	Coopera	(-143.354, -107.103)	(-143.945, -107.694)
	Não-coopera	(-142.847, -107.173)	(-143.439, -107.765)

Quadro 4 – Matriz de possibilidades com os payoffs da China e Estados Unidos nos cenários de cooperação ou não-cooperação diante do Acordo de Paris.

Foram admitidos os pressupostos do modelo, a partir das regras de incentivos e dos resultados esperados pela adesão e cooperação das partes. Por exemplo, todos os países se comportariam como jogadores racionais. Além disso, é esperado que as partes escolham uma estratégia que maximize os seus ganhos individuais (jogo não-cooperativo). O modelo foi definido, também, como um jogo simultâneo, quando as partes devem tomar decisões desconhecendo as decisões dos outros.

As possibilidades são: 1) ambos os países aderirem ao acordo (cooperação mútua), na qual, foram computados os custos de mitigação (M) previstos para o alcance de seus NDC, mais o custo de adaptação (A) já esperado, sem custo de adaptação incremental (Ai) visto que todos os países estariam cooperando e se alcançaria a meta global, mais os custos e benefícios do Fundo Verde do Clima (F); 2) China não coopera, mas Estados Unidos coopera, sendo computados apenas os M dos Estados Unidos e $M_{CHN2} = 0$, o A se mantém, mas o Ai aumenta em função das emissões da China, o Fundo seria depositado pelos Estados Unidos; 3) China coopera, mas Estados Unidos não coopera, no qual são computados os custos de mitigação da China, mas não dos Estados Unidos ($M_{EUA3} = 0$), o A se mantém, mas o Ai aumenta, visto que os Estados Unidos não cooperaria, e o Fundo não seria depositado ($F_{EUA,CHN} = 0$); 4) ambos os países não cooperam e não são computados custos de mitigação, nem do Fundo, mas apenas A e os valores de Ai para esse cenário.

De posse dos *payoffs* e do modelo do jogo, essas informações foram lançadas no *software* GAMBIT (versão 15, McKelvey, 2016). A partir daí pôde-se comparar qual seria a melhor escolha em termos de estratégia que tinha como melhor alternativa os ganhos individuais e globais (Equilíbrio de Nash).

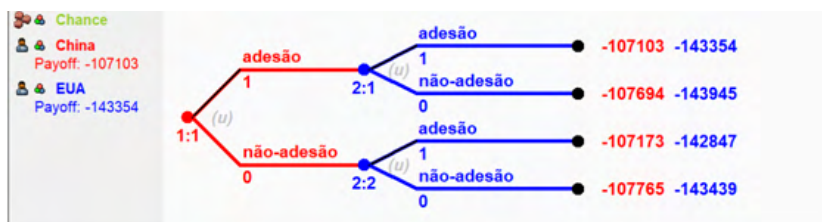



Figura 1 – Tela de resultado do Gambit 15.1 para um jogo de estratégias mistas com os *payoffs* da China (jogador 1) e Estados Unidos (jogador 2) relativos ao Acordo de Paris. Fonte: Modelagem usando o Software Gambit 15.1 (McKelvey, 2016) feito pelas autoras.

O programa retornou a existência de quatro possíveis equilíbrios de Nash. Contudo, como estratégia de equilíbrio dominante, predomina a cooperação mútua (adesão e adesão). Em jogos não cooperativos, apenas um Equilíbrio de Nash representará um resultado de ganho para ambas as partes, que neste caso é a cooperação mútua. Quando é solicitado ao *software* apenas um único Equilíbrio de Nash, o resultado também aponta para a estratégia dominante, que é a cooperação mútua.

Para além do primeiro cenário, da estratégia dominante, de cooperação mútua, é possível vislumbrar outros três cenários a partir do jogo sequencial com mais rodadas. Num segundo cenário, teríamos a adesão dos EUA e a não adesão da China, que não é o cenário dominante segundo o *software* GAMBIT 15.1. De acordo com Parnell (2011), apesar dos esforços vindos da China com relação às medidas de eficiência em energias renováveis, pequenas economias mas com escalas de emissões intensos torna a sua própria iniciativas verdes fúteis. Diversas pesquisas apontam que a não adesão da China mostra possibilidades muito negativas do ponto de vista sanitário recaindo sobre o país, o que se reforça pela análise feita neste estudo ao considerar os aspectos econômicos (Leung, 2013; Fontdeglória; 2015; Planelles, 2017).

No terceiro possível cenário, seria a não adesão dos EUA no acordo de Paris e a adesão da China. Essa situação tem grande possibilidade de ocorrência, já que no dia 1 de julho de 2018, o então presidente dos Estados Unidos, anunciou a retirada dos Estados Unidos do Acordo de Paris, afirmando que poderia haver o reingresso caso houvesse um novo acordo com os termos adequados ao país. De acordo com o site de pesquisas *Climate action tracker* (2017), essa atitude demonstra um retrocesso severo e que poderia afetar as ações dos outros países, colocando assim em risco o sucesso do Acordo de Paris.

Segundo Bizawu e Rodrigues (2017) muitos estados dos americanos pretendem manter as metas independente dos rumos traçados pela administração federal, possuindo leis e ações alinhadas ao Acordo de Paris.

Ainda assim, esse cenário faz com que a atenção mundial se volte para a China, por ser o maior emissor de carbono no mundo (IPCC, 2007), e que, por sua vez, vem reiterando o compromisso com o Acordo de Paris. Com isso, a China se lança para o protagonismo internacional no âmbito ambiental, direcionando os seus esforços diplomáticos para a cooperação em acelerar as metas de baixo carbono com a injeção de fontes limpas de energia na matriz de elétrica (Osorio, 2017).

Em 2015, as emissões de CO_2 da China caíram 1-2% após uma ligeira queda em 2014 e a principal queda foi de 2-4% no consumo de carvão (GREENPEACE, 2016). Com isso, a China conseguiu alcançar a sua meta de emissão de carbono para 2020 em três anos antes do planejamento inicial, demonstrando assim o compromisso que os chineses estão fazendo com relação ao futuro de baixo carbono. No final de 2017, a China havia cortado as emissões de dióxido de carbono por unidade do PIB em 46% em relação ao nível de 2005, cumprindo seu compromisso de reduzir as emissões de carbono em 40 a

45% em relação ao nível de 2005 até 2020 (United Nations-Climate Change, 2018).

Isso mostra que a China, assim como outros países que não estão no grupo dos países desenvolvidos, ganharam protagonismo nas negociações e iniciativas com relação ao clima. Do ponto de vista de formação de coalisões, esses países são atualmente promissores colaboradores e incentivadores dos acordos internacionais. Por outro lado, os Estados Unidos, embora tenha perdido esse protagonismo, ainda é um importante ator devido as suas elevadas taxas de emissões.

No quarto e último cenário seria a não adesão dos dois países, o pior dos cenários já que a China e os EUA juntos são responsáveis por mais de 40% do total de emissão do mundo (CQNUMC, 2016 *apud* ROCHA, 2016). Seria um cenário de grandes perdas para o mundo e para as duas nações analisadas.

Os incêndios florestais estão cada vez mais frequentes no mundo, e em especial, no oeste dos Estados Unidos, causando grandes prejuízos econômicos ao país (IPCC, 2014). Watson *et al.* (2017) afirmam que os impactos climáticos estão custando, em média, US$ 240 bilhões por ano em perdas econômicas, os danos e os custos a saúde, ou seja, cerca de 40% do total de crescimento dos Estados Unidos. Zhang *et al.* (2017) calcularam que até o período de 2040-2059, as temperaturas médias na China aumentarão em 3,6 F (2 °C), o que significa uma redução na produção industrial em até 12% ao ano e uma redução no PIB chinês em 3,8% ao ano até meados deste século. Este é, sem dúvida, o pior cenário, que nos aproxima a uma condição *business as usual*, desastrosa para a economia, para a sociedade e para o planeta como um todo.

CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, o propósito foi apresentar os possíveis cenários referentes ao Acordo de Paris, demonstrando a partir da Teoria Jogos, o Equilíbrio de Nash, as estratégias dominantes e a estratégia mais provável, na qual os países teriam benefícios tanto no âmbito individual como coletivo, no aspecto financeiro e na redução das emissões de gases de efeito estufa.

Conforme analisamos, os resultados obtidos foram que a estratégia dominante para os Estados Unidos e China seria a adesão ao Acordo de Paris, ou seja, a cooperação mútua seria a melhor estratégia para obter maiores vantagens individuais e coletivas em comparação a estratégia de não aderir ao Acordo.

Apesar das intenções dos Estados Unidos em se retirar do Acordo, fica evidenciado que, do ponto de vista dos aspectos econômicos das mudanças climáticas, considerando custos de adaptação, mitigação e de investimentos no fundo verde, ainda assim, seria mais interessante, do ponto de vista da economia americana, a sua manutenção no acordo.

Mesmo não tendo um *enforcement* ou sanção prevista no Acordo que punisse os países que não cooperam, a estratégia mais estável e dominante de cooperação mútua

mostra que os custos incrementais de adaptação seriam suficientes para causar prejuízos que não compensam a opção pela não adesão. Com isso, reforça-se ainda mais a importância do Acordo de Paris, ao enfatizarmos que a cooperação global seria a melhor forma de ação contra o aquecimento global, pois diferentes acontecimentos climáticos causados pela mudança climática poderão acarretar em consequências irreversíveis.

REFERÊNCIAS

BIZAWU S. K; RODRIGUES M. V. A crise da globalização: um estudo sobre os efeitos do Brexit e da política do governo Trump e os desafios para as metas do acordo de Paris. **Cadernos de Dereito Actual N. 7**. p, 241-256. 2017.

BNP PARIBAS. **From laggard to leader: China embraces green finance**. 2010. Disponível em: <https://cib.bnpparibas.com/sustain/from-laggard-to-leader-china-embraces-green-finance_a-3-1491.html>. Acesso em: 15 de março de 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC),** Brasília. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas> Acesso em: 30 de março de 2018.

FONTDEGLÒRIA, X. **Poluição na China matará 923.000 pessoas até 2030**. 11, novembro. 2015. EL País: O jornal Global. Disponível em:< https://brasil.elpais.com/brasil/2015/11/10/internacional/1447152772_680439.html?rel=mas>. Acesso em : 17 de abril de 2019.

FORGÓ, F.; FÜLÖP, J.; PRILL, M. Game theoretic models for climate change negotiations. **European Journal of Operational Research**, v. 160, n. 1, p, 252-267, 2005.

GREENPREACE. **As emissões de CO2 da China continuaram a cair em 2015**. 29, fevereiro. 2016. Key energy numbers from China's 2015 Statistical Communique. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/eastasia/press/releases/climate-energy/2016/Chinas-CO2-emissions-continued-to-fall-in-2015--Greenpeace-response/#.VtQL6oVxTL4.twitter>. Acesso em: 15 de Abril de 2018.

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976p.

IPCC, 2014. Cli**mate Change 2014. Synthesis Report Summary for Policymakers.** Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf >. Acesso em:19 de Abril de 2019.

KEMP-BENEDICT, E.; CHRISTIAN H.; PAUL B.; TOM A. ; SIVAN K. (2017). **The Climate Equity Reference Calculator** . Berkeley e Somerville: Projeto de referência sobre equidade climática (EcoEquity e Stockholm Environment Institute). 2017. Disponível em: <https://calculator.climateequityreference.org. >

LEONETI, A.B. **Teoria dos Jogos e Sustentabilidade na Tomada de Decisão: Aplicação a Sistemas de Tratamento de Esgoto**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Paulo. 2012.

LEUNG, D. **How Are China's Overseas Investments Affecting the Environment?** World resources institute. 2013. Disponível em: <http://www.wri.org/blog/2013/05/how-are-china%E2%80%99s-overseas-investments-affecting-environment>. Acesso em: 17 de Abril de 2018.

MCKELVEY, R. D., MC LENNAN, ANDREW M., and Turocy, THEODORE L. (2016). Gambit: Software Tools for Game Theory, Version 16.0.0. Disponível em: <http://www.gambit-project.org>.

NAÇÕES UNIDAS. **Climate Change. China Meets 2020 Carbon Target Three Years Ahead of Schedule.** 28, março. 2018. Disponível em: <https://unfccc.int/news/china-meets-2020-carbon-target-three-years-ahead-of-schedule>. Acesso em 17 de Abril de 2018.

NORDHAUS, W. Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy. **American Economic Review**, 105 (4): 1339-70. 2015.

OLSON, M. (1999). A Lógica da Ação Coletiva. São Paulo: EDUSP, 1999.

OSORIO, L. E. **Acordo de Paris: saída dos EUA reforça nova dinâmica geopolítica e protagonismo da China**. 06, julho. 2017. CPFL energia. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/releases/Paginas/acordo-de-paris-saida-dos-eua-reforca-nova-dinamica-geopolitica-e-protagonismo-da-china.asp>. Acesso em: 15 de Abril de 2018.

ROCHA, R. S. **Uma análise do acordo de paris: a convenção-quadro e a nova fase do regime multilateral de mudança do clima**. 2016. 63 f. Trabalho de conclusão de curso - Instituto de relações internacionais Universidade de Brasília. Brasília.

STERN, N. H. **The economics of climate change: the Stern review.** Cambridge, UK: Cambridge University Press. Disponível em: <http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm>. Acessado em: 02 de abril de 2017.

UNFCCC (2017). UN Climate Change Newsroom. Disponível em: <http://newsroom.unfccc.int/> Acesso em: 02 de abril de 2017.

WATSON, R. McCARTHY, J. HISAS, L. The economic case for climate action in the United States. Acting Climate Together. Setembro, 2017. Disponível em: <https://feu-us.org/case-for-climate-action-us/>. Acesso em: 17 de Abril de 2018.

ZHANG, P. D. O.; MENG, K. C.; ZHANG, J**. Temperature Effects on Productivity and Factor Reallocation: Evidence from a Half Million Chinese Manufacturing Plants.** IZA- Institute of Labor economic. IZA DP No. 11132. Novembro, 2017. Disponível em:< http://ftp.iza.org/dp11132.pdf>. Acesso em: 19 de Abril de 2018.

ZHU-GANG J.; WEN-JIA, C.; CAN, W. Simulation of Climate Negotiation Strategies between China and the U.S. Based on Game Theory. **Advances In Climate Change Research** 5, p, 34-40, 2014. DOI: 10.3724/SP.J.1248.2014.034.

CAPÍTULO 8

TERRA INDÍGENA ARARIBOIA: APONTAMENTOS SOBRE AS DINÂMICAS SOCIOPRODUTIVAS E TERRITORIAIS

Data de aceite: 01/12/2021

Cleidson Pereira Marinho
Pedagogo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, IFMA – Campus
Porto Franco
Porto Franco – MA
http://lattes.cnpq.br/4018477818056784

Maria Nasaret Machado Moraes Segunda
Professora EBTT, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, IFMA -Campus Açailândia
Açailândia – MA
http://lattes.cnpq.br/5247326275005156

Witemberg Gomes Zaparoli
Professor da Universidade Federal do Maranhão - UFMA
http://lattes.cnpq.br/9270921683542468

RESUMO: O presente trabalho objetiva apresentar alguns apontamentos sobre os aspectos socioprodutivos e territoriais da Terra Indígena Arariboia, localizada na amazônia maranhense, microrregião de Imperatriz. Evidencia-se também os consensos e conflitos em torno do acesso aos recursos naturais da biodiversidade que a referida área indígena abriga. Dois povos indígenas partilham a vivência na TI Arariboia. Os Guajajara, como são conhecidos regionalmente, ou Tentehar como se autodenominam são um dos povos mais numerosos do país. E os Awá Guajá, que perambulam pelo interior da mata, ainda de forma nômade e sem contato direto com a sociedade envolvente, através da coleta de vegetais e da caça. O povo Tentehar, como preferem, desenvolve os sistemas de produção, como os quintais, roças e o extrativismo. Com a redução significativa e acelerada dos recursos naturais, e a concentração de população migrante neste território fez com que ao longo dos tempos o entorno de Terras Indígenas fosse ocupado e diversas estratégias de reprodução dos modos de vida desses povos indígenas foram adotadas por eles mesmo e pelo Estado.

PALAVRAS-CHAVE: Terra Indígena. Dinâmicas Produtivas. Território.

INDIGENOUSLAND ARARIBOIA: NOTES ON SÓCIO-PRODUCTIVE AND TERRITORIAL DYNAMICS

ABSTRACT: This paper aims to presente some notes on the sócio-productive and territorial aspects of the Arariboia Indigenous Land, located in the Amazon region of Maranhão, in the micro-region of Imperatriz. It also highlights the consensus and conflicts surrounding access to natural biodiversity resources that the aforementioned indigenous area shelters. Two indigenous peoples share their experience in TI Arariboia. The Guajajara, as they are known regionally, or Tenetehara as they call themselves, are one of the most numerous peoples in the country. And the Awá Guajá, who roam the interior of the forest, still in a nomadic way and without direct contact with the surrounding society, through the collection of vegetables and hunting. The Tenetehara people, as they prefer, develop production systems such as backyards, gardens and and extractivism. With the significant

and accelerated reduction of natural resources, and the concentration of migrant population in this territory, over time the surroundings of Indigenous. Lands were occupied and various strategies for reproducing the ways of life of these indigenous peoples were adopted by themselves and by the State.
KEYWORDS: Indigenous Land. Productive Dynamics. Territory

1 I INTRODUÇÃO

A questão da terra no Brasil, do ponto de vista das disputas, remonta aos longos momentos do processo de colonização. A discussão teórica de como apreender as relações socioeconômicas, políticas e ambientais que se travam nesse imenso espaço territorial, desde os primeiros movimentos de sua 'conquista' e as experiências de resistências registradas tem, ao longo da história, demarcado fronteiras teóricas e campos disciplinares na tradição da intelectualidade brasileira. Entender o processo de configuração do território do Maranhão e a relação que se estabelece nesse território entre o poder público e as demandas das minorias excluídas aqui priorizadas, os indígenas, requer um olhar que situe a problemática em pauta e, para tanto, um esforço teórico, que conjugue a análise material de diversos gêneros literários, sobretudo acadêmicos, aos discursos elaborados pelos sujeitos sociais envolvidos nesse contexto.

A conquista e a ocupação do "Maranhão", já representam historicamente, a conformação conflituosa de demarcação territorial, bem como as relações de poder, que se assentam nessas disputas territoriais. Para Cabral (1992), tal conquista desta província iniciou-se tardiamente em relação à colonização em outras partes do 'território brasileiro'. Por outro lado, o Maranhão sempre esteve presente nas preocupações expansionistas do Estado Português.

No Maranhão, no final do primeiro século de efetiva tentativa de povoar essa província, ou seja, no século XVII, a mão de obra indígena sofre uma baixa considerável, não somente pela resistência destes ao processo de escravidão, como também, por um surto de varíola que acometeu esses povos, sem resistência ao vírus trazido com a colonização.

Com a devastação da mão de obra indígena, por esse surto epidêmico, apontava-se, como alternativa, o recurso a escravos vindos da África, principalmente, das regiões de Angola, Mina e Nova Guiné. Já se argumentava, na época, que o progresso do Estado do Brasil se dava em função da mão de obra africana, tal se reproduzia no Maranhão, quando das petições enviadas à Cora, para tal fim.

Todavia, o afã desenvolvimentista maranhense, no período colonial durou pouco. A conjuntura internacional resultante da independência dos Estados Unidos e das revoluções burguesas na Europa, impactou a economia colonial brasileira de modo geral e, em particular, teve reflexo negativo no Maranhão. Além desses fatores, a própria condição de produção atrelada à monocultura do algodão, desencadeou o declínio da economia

maranhense.

O sistema de grandes plantações de algodão e cana de açúcar para fins de exportação, requeriam estoque de terras e abundância de mão-de-obra, para que lograsse êxito. Como não havia insumos agrícolas disponíveis, as plantações utilizavam a própria fertilidade dos solos, necessitando para tanto, de um grande estoque, pois precisavam ser transferidas de três em três anos, a fim de garantir a produtividade.

As principais regiões produtoras do Maranhão situavam-se às margens dos grandes rios Itapecuru, Mearim, Pindaré e Gurupi. Na região do Itaperucu, concentrava-se a maior quantidade de fazendas de algodão e arroz no século XIX, sobretudo nos municípios de Codó e Coroatá. Entretanto, com o esgotamento das áreas de plantio, havia a necessidade de ocupar novas áreas territoriais, no entorno desses grandes centros, o que era dificultado pela resistência dos indígenas que habitavam uma área de fronteira, assim denominada, pelos cronistas do século XIX.

Na literatura referente ao povo Tentehar, do grupo Tupi do Maranhão, é comum a afirmação que os mesmos, historicamente, ocuparam prioritariamente as áreas denominadas de Floresta Amazônica, desde as narrativas míticas, que reafirmam essa relação dos Tupis com a mata, aos processos históricos de contato dos colonizadores, através do aliciamento do trabalho servil desses povos, tanto pelo braço forte do Estado e os empreendedores coloniais, como pelo braço meigo, mas também servil, da igreja pela companhia de Jesus, vem destacar a presença desse povo na região de floresta amazônica, no estado do Maranhão. Nesse bojo que se situa a Terra Indígena Arariboia, que se caracteriza como um território de vida e re-existência para os povos indígenas Tentehar e Awá Guajá. Primando pelas suas autonomias culturais e territoriais, desenvolvem atividades agroextrativistas e artesanais no sentido de garantirem sua reprodução material e sociocultural.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Dinâmicas socioprodutivas e territoriais

O sistema econômico Tentehar é formado por dois subsistemas que estão em relação dialética um com o outro. O primeiro é a economia interna Tentehar ou o conjunto de relações econômicas que se operam apenas entre os Tentehar. O segundo é a economia de troca, ou o conjunto de relações econômicas que resultaram do contato entre Tentehar e a sociedade envolvente (MERCIO GOMES). Nesse sentido, o trabalho com o artesanato tem destaque como uma prática econômica de troca, por compor parte significativa da renda de algumas famílias, no entanto como expõe o próprio Mércio, a distinção entre atividade "social" e atividade "econômica" de uma sociedade como a Tentehar é necessariamente analítica e não empírica. Ela surge do conceito básico da sociedade como uma entidade que precisa reproduzir a si mesma (daí o social) e produzir seus meios de subsistência (o econômico). De acordo com Canclini, citado por Gomes, "poucos fragmentos escritos de

uma história das hibridações puseram em evidência a produtividade e o poder inovador de muitas misturas interculturais", e a hibridação surge com frequência da criatividade individual e coletiva. As circularidades de conhecimentos presentes nas trocas interculturais fomentam um potencial criativo para inovações.

As questões das lutas territoriais sempre estiveram presentes desde os primórdios da humanidade. A necessidade do homem de organizar e expandir suas fronteiras ao longo dos séculos, levou-o a melhorar e aperfeiçoar sua visão de território. Diante disso, o território se tornou elemento primordial de discussão, seu conceito abrange muito além de questões de sobrevivência e manutenção dos espaços conquistados, mas uma breve investigação a ser discutida e tratada como umas das principais formas que o homem teve para sua própria organização espacial.

Para Haesbaert (2002) o território designa-se por uma porção da natureza e, portanto, do espaço sobre o qual uma determinada sociedade reivindica e garante a todos ou parte de seus membros direitos estáveis de acesso, de controle e de uso com respeito à totalidade ou parte dos recursos que aí se encontram que ela deseja e é capaz de explorar. O mesmo autor, em umas de suas vertentes na interpretação do conceito de território, destaca a dimensão culturalista, que prioriza o simbolismo territorial como produto da apropriação feita através do imaginário ou da identidade social sobre o espaço.

Quando o conceito se refere a um determinado grupo de pessoas, seja povo, nação, Naranjo (2000) evidencia que o mesmo se transforma em um dos "integrantes fundamentais de seu projeto comum; em suporte e recurso básico, âmbito de vida, paisagem própria e invariante na memória pessoal e coletiva". Nesse sentido, a manutenção e perpetuação do território dependem, fundamentalmente, de uma estrutura de poder seja num sentido mais geral, associado à capacidade de criar, destruir, consumir, preservar ou reparar (força/ autoridade).

Segundo Sposito (2000), existem duas concepções geográficas a respeito do território, uma naturalista e outra individualista. Na primeira concepção, "território aparece como imperativo funcional", como elemento da natureza inerente a um povo ou nação e pelo qual se deve lutar para proteger; já a segunda abordagem, é voltada para o indivíduo, diz respeito à "territorialidade e sua apreensão", sua abordagem carrega uma forte conotação cultural. A territorialidade, neste caso, pertence ao mundo dos sentidos e, portanto, da cultura, das interações cuja referência básica é a pessoa e sua capacidade de se localizar e se deslocar.

Para Diegues (2000), o território visto culturalmente é tratado pelo individuo como uma forma de manejo, que pode estar profundamente ligado à visão de mundo e às práticas culturais simbólicas das chamadas populações tradicionais e não, exclusivamente, a conceitos e práticas científicas, em sua acepção moderna. Acrescenta, também, que as populações tradicionais são aquelas que apresentam um modelo de ocupação do espaço e uso dos recursos naturais voltado principalmente para a "subsistência", com fraca articulação

com o mercado, baseado em uso intensivo de mão de obra familiar, tecnologias de baixo impacto derivadas de conhecimentos patrimoniais e, normalmente da base sustentável e a biodiversidade que representa o território vivido por elas.

Assim, eles se utilizam dos recursos naturais para sua serventia, sendo que uma depende da outra para existir, ou seja, o ser humano transforma o ambiente, mas também é transformado por ele, em um pleno movimento que acontece no decorrer do tempo.

Na busca pela gênese do conceito de território, Souza (1995) salienta que o mesmo surge na tradicional Geografia Política, como sendo o espaço concreto em si (com seus atributos naturais e socialmente construídos) ocupado por um grupo social. Ratzel (1990) desenvolveu a noção de território a partir da concepção de habitat muito utilizado nas ciências biológicas. Desta maneira, o território surge como sinônimo de ambiente, de solo, de recursos naturais, e de acordo com o autor, as relações entre a sociedade e o território ocupado por ela são determinadas pelas necessidades de habitação e alimentação. O território, desta forma, passa a ser entendido como o substrato que possibilita o desenvolvimento da vida humana.

Raffestin (1993) sobre conceito de território expõe que "espaço e território não são termos equivalentes", de acordo com o autor "o espaço é anterior ao território" e o território se forma a partir dele. Ao se apropriar do espaço a sociedade o territorializa. A produção, organização, modificação de um espaço (percebidas na paisagem) revela relações de poder, exercidas por pessoas ou grupos de pessoas e, sem o qual, não se define o território.

Raffestin (1993), em, Por uma Geografia do poder, reforça que entender o território vinculado apenas ao Estado Nacional não é suficiente, uma vez que, o poder não é exercido apenas pelo Estado. Por conseguinte, "todos somos atores que produzimos territórios" para o autor, o poder é relacional, isto é, está nas relações sociais. Somente se exerce um poder sobre o espaço fazendo com que este passe a ser território, quando existe algo neste espaço que chame a atenção, desperte o interesse, seja econômico, político ou de outra forma. O território, nesse sentido, passa a ser fonte de recursos para o grupo social que exerça poder sobre ele.

Raffestin (1993) considera como "trunfos" do poder a população, os recursos e o território, uma vez que para ele, não há território sem recursos e muito menos sem população. O autor propõe uma visão de territorialidade eminentemente humana, social e completamente distinta daquela difundida pelos biólogos, que a relacionam ao comportamento instintivo animal.

Mais recentemente, Bozzano (2000), numa abordagem similar à de teóricos que abordam a temática territorial, afirmou que o território é um lugar onde desenvolvem processos naturais e onde ocorrem processos sociais, cuja combinação torna-o mais complexo que qualquer visão analítica profunda de seus componentes, o território não é só a soma e a combinação de formas espaciais e processos sociais. Em sentido amplo e enquanto cenário de articulações complexas entre sociedade e natureza, o território

contém esses e suas vinculações. Portanto, o território não é natureza nem a sociedade, nem sua articulação; mas é natureza, sociedade e articulações juntas.

O território nas palavras de Heidrich (2004) subsidiará o entendimento de um tipo de relação que se estabelece, pois em suas palavras o território é antes de tudo uma relação que envolve apropriação, domínio, identidade, pertencimento, demarcação, separação. A ocupação é a mais primordial ação humana que envolve a manifestação do princípio da territorialidade. O território é, assim, a materialização dos limites da fixação, revelando formas de organização complexas.

Heidrich (2000) contribui salientando que parece necessária a ocorrência de uma relação de apropriação (mais que domínio) das condições naturais e físicas por uma determinada coletividade e de uma organização das relações, de modo a particularizar a coletividade como uma comunidade, por isso mesmo diferenciada de outras e pela mesma razão, a delimitação do acesso, do domínio e da posse ao interior da comunidade constituída.

As formas mais familiares de territorialidade humana são os territórios juridicamente reconhecidos, a começar pela propriedade privada da terra. O território como um espaço que não pode ser considerado nem estritamente natural, nem unicamente político, econômico ou cultural precisa ser entendido a partir de uma perspectiva integradora entre as diferentes dimensões sociais (economia-política-cultura-natureza) (HEIDRICH, 2004, p. 94).

Saquet (2003 e 2004) afirma que nas diversas concepções de território, o mesmo aparece compreendido como chão, infraestrutura, área mais ou menos delimitada, formas espaciais/obras, Estado-Nação, local, lugar e relações sociais. Os diferentes empreendimentos e demais atividades econômicas, por exemplo, estão no território e são elementos constituintes do mesmo e seus donos consubstanciam territórios. O debate do conceito de território promovido por Saquet (2004) é enriquecedor para este trabalho (na sub-bacia do riacho Buriticupu) em virtude do destaque que o mesmo dá às relações de poder, às alterações do território, à presença da natureza e ao desenvolvimento local.

Nessa ótica, ao debater a concepção de autores italianos acerca do território, Saquet (2004, p. 139) chega à conclusão, que esse é formado por “habitações, estabelecimentos industriais, financeiros, comerciais e de serviços, pontes, estradas, plantações, pastagens, instituições políticas e culturais, automóveis, antenas, relações sociais, fluxos, conexões, enraizamento e relações de poder”, para o autor, há uma dialética entre os elementos que constituem o território (naturais e sociais).

Assim como o território é natureza e sociedade simultaneamente, é economia, política e cultura, ideia e matéria, fixos e fluxos, enraizamento, conexão e redes, é local e global, singular e universal concomitantemente, terra, formas espaciais e relações de poder, podemos apreender aspectos de suas articulações internas e externas dialeticamente. (SAQUET, 2004, p. 144).

3 | METODOLOGIA DE PESQUISA

No que tange aos objetivos, a pesquisa se define como exploratória e descritiva e quanto a abordagem adotada, como qualitativa. Valendo destacar que o presente trabalho nasceu da própria inserção afetiva, sócio-profissional e atualmente, acadêmica do autor, configurando-se como uma pesquisa participante. Para a execução dos objetivos enunciados neste trabalho, norteou-se metodologicamente a pesquisa, através de alguns momentos específicos. Primeiramente fez se o levantamento de dados já existentes e que estivessem relacionados, objetivando o conhecimento antecipado da ocupação da área em estudo e outros aspectos que possam ser tomados como referências preliminares e apoio à pesquisa a ser desenvolvida. Paralelamente, participando do processo de construção do Plano de Gestão Territorial e Ambiental da referida área em estudo, pode-se fazer anotações a partir das exposições dos sujeitos envolvidos, através de reuniões, encontros e rodas de conversas e posteriormente, sistematizá-las.

Fundamental ressaltar que quando se refere à pesquisa qualitativa, remete-se a definição que ela deve orientar a visão do pesquisador este deve assumir, ainda, uma postura consciente de seu papel dentro do processo da pesquisa qualitativa, despojando-se de preconceitos, assumindo uma atitude aberta a todas as manifestações que observa, não devendo se adiantar em fazer conclusões apressadas, sobre as aparências imediatas, devendo procurar "[...] captar o universo das percepções, das emoções e das interpretações dos informantes em seu contexto" (CHIZZOTTI, 1995, p. 82).

Em contrapartida, os pesquisados são reconhecidos como sujeitos que elaboram conhecimentos e "[...] produzem práticas adequadas para intervirem nos problemas que identificam [...] cria-se uma relação dinâmica entre o pesquisador e o pesquisado, que não será desfeita em nenhuma etapa da pesquisa" (CHIZZOTTI, 1995, p. 83).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização da TI Araribóia

Os Guajajara, como são conhecidos regionalmente, ou Tentehar como se autodenominam caracterizando-se como um dos povos mais numerosos do país, habitam 11 Terras Indígenas na margem oriental da Amazônia, no estado do Maranhão. A história de contato se remete a cerca de 400 anos, marcados por aproximações e recusas totais, submissões, mas também revoltas e tragédias.

Todas as 11 Terras Indígenas habitadas pelos Guajajara estão situadas no centro do Maranhão, mais especificamente, nas regiões dos rios Pindaré Mearim, Grajaú e Zutiwa. São cobertas pelas florestas altas, características da Amazônia,e por matas de cerradão. Segundo relatos e a literatura sobre esse povo, sua região mais antiga, historicamente, foi o médio Pindaré. A partir do final do século XVII e início do seguinte, expandiram seu

território para as regiões dos rios Grajaú e Mearim, onde se estabeleceram bem antes da chegada dos brancos. Vale ressaltar que os Guajajara sofreram grandes perdas no início da colonização e contato, assolados pelas expedições escravagistas em sua região original. Tal situação foi amenizada com a instalação das missões jesuítas, pois estas ofereceram proteção contra esse processo de escravidão, mas, no entanto, os remeteu a outro processo de dependência e servidão. Logo depois da expulsão dos jesuítas do Brasil, os Guajajara conseguiram resgatar um pouco de sua independência e autonomia se resguardando dos contatos com a população colonizadora.

Durante as décadas de 70 e 80 do século passado foi travada uma verdadeira luta pelo reconhecimento e demarcação dos territórios Guajajara no estado. Aí se configurando a atual Terra Indígena Arariboia, que abrange os municípios de Amarante do Maranhão, Arame, Bom Jesus das Selvas, Buriticupu e Grajaú, situados na região da Pré-Amazônia Maranhense. E que além do povo Tentehar, a Terra Indígena Arariboia abriga também em seu interior o povo Awá-Guajá, grupo este que busca e vive sua autonomia cultural através da perambulação pelo território constituído como Terra Indígena Arariboia.

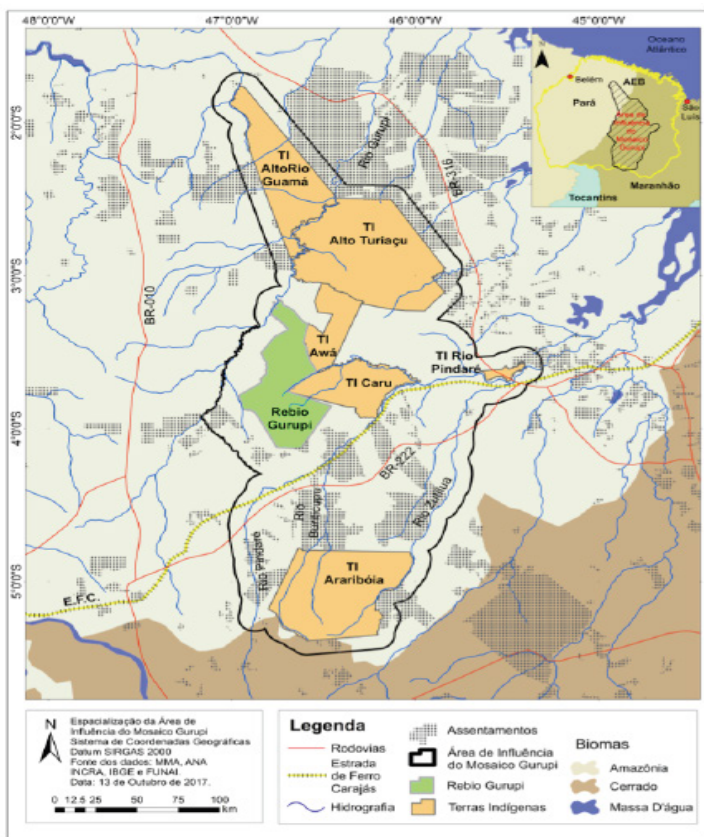



Figura 1. Mapa: Mosaico Gurupi.

Fonte: Celentano et al (2018)

A Terra Indígena Arariboia compõe o denominado “Mosaico Gurupi”, que se define como um conjunto de 06 (seis) Terras Indígenas (TI´s Caru, Alto Turiaçu, Alto Rio Guamá, Rio Pindaré, Awá e Arariboia) e uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral (Rebio Gurupi). Abrigando os principais remanescentes contínuos de florestas e uma sociodiversidade caracterizada pela presença dos povos indígenas (Awá-Guajá, Tembé, Guajajara e Ka’apor).

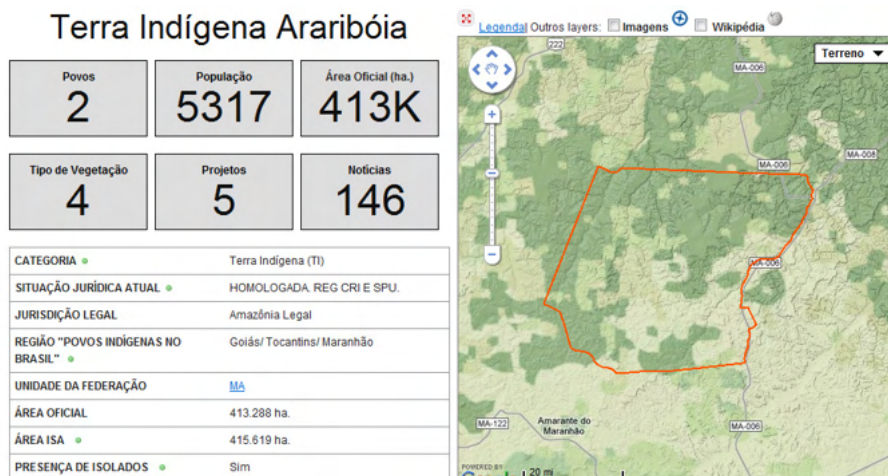



Figura 2. Mapa: Terra Indígena Arariboia – Mapa ISA.

A TI está localizada nas mesorregiões oeste e centro maranhense, microregião de Imperatriz, coordenada 4º. 55´19´´S 46º.22´33´´W. Situada nos municípios de Amarante do Maranhão, Buriticupu, Arame, Santa Luzia, Grajaú e Bom Jesus das Selvas. Integra o Bioma Amazônia (97,56) e o Bioma Cerrado (2,44) e possui extensão de 413.288,0472 hectares. Foi homologada pelo Decreto 98.852 de 23/01/1990. A TI é constituída por 151aldeias organizadas em seis sub-regiões: a) Lagoa Comprida; b) Zutiwa; c) Canudal; d) Arariboia; e) Angico Torto; f) Bom Jesus.

4.2 Atividades produtivas

O povo Guajajara/Tentehar se organiza através das famílias extensas, estas agrupadas em aldeias situadas no interior da Terra Indígena Arariboia. Estabelecendo-se aí, relações de parentesco, matrimoniais e rituais entre as comunidades.

Os quintais e as roças são sistemas de produção que as comunidades indígenas utilizam. Em algumas aldeias as roças são extensões dos quintais, que por sua vez se configuram como uma forma de expressão e extensão do extrativismo tradicional desse povo. Enquanto extensão da casa, o quintal serve a múltiplos usos. Os extensos quintais dos Tentehar são um espaço para cultivar a sua vida e cultura. Nele, os Tentehar plantam

flores, plantas medicinais, plantas poderosas, fruteiras, muitas das plantas que utilizam para confeccionar seus adornos corporais e criam animais domésticos e silvestres. Já nas roças cultivadas nos centros de produção mais para o interior da mata, destaca-se o plantio de mandioca, macaxeira, milho, arroz, abóbora, melancia, feijão, fava, inhame, cará, gergelim, amendoim. Todas as culturas manejadas através da roça no toco, onde na estação mais seca do ano faz-se a broca, derrubada, queimada, coivara e limpeza do terreno e no período de início das chuvas realizam-se o plantio e as capinas. Daí destaca-se o cultivo da mandioca como principal cultura, pois, é da mesma que se fabrica a farinha para autoconsumo familiar.

Figura 3. Roça de milho consorciado com feijão e quintal da residência com frutíferas.

Foto: Arquivo próprio.

A pesca é mais realizada nas aldeias ribeirinhas, tendo os riachos zutiwa e buriticupu como os principais córregos pesqueiros, além de servirem como lugar de lazer e banho para as comunidades.

Outra atividade tradicional compreendida entre o povo Guajajara/ Tentehar é a caça. Praticada tanto pelos adultos, como pelos jovens indígenas. No entanto, tal prática tem diminuído em virtude da concorrência com os brancos que vivem no entorno da área indígena como, especialmente, pela invasão madeireira na região. A caça está ligada essencialmente ao consumo de proteína, como também ao universo simbólico e ritual do povo através da festa do moqueado ou menina moça como é popularmente conhecida.

A coleta de frutos nativos como a bacaba e a juçara também são frequentes entre o povo. E ganha muita importância entre esse povo em sua relação com a sociedade

envolvente, o artesanato, praticado especialmente pelas mulheres, mas também com a presença dos homens, dada a importância econômica conseguida ultimamente. A confecção de brincos, colares, pulseiras, bolsas, redes e outros adornos são atividades cotidianas nas comunidades.

4.3 Conflitos e consensos

Na Terra Indígena Arariboia as comunidades que a constitui têm sido envolvidas em sucessivas façanhas da lógica desenvolvimentista civilizada. Nas Décadas de 60, 70 e 80 do século passado, por exemplo, aconteceu uma façanha extremamente impactante aos povos indígenas desta territorialidade. Referimo-nos aqui ao processo de implantação do "Projeto Grande Carajás". Mega empreendimento econômico, que causou transtornos e danos irreparáveis aos povos Tentehar a da Terra Arariboia. A Pretexto de compensação aos impactos provocados pelo referido projeto, as comunidades foram bruscamente envolvidas em um novo padrão de valores, materiais e simbólicos, totalmente estranhos ao seu universo sócio-cultural e ambiental. Dinheiro, máquinas agrícolas, carros, agentes e poderes institucionais foram impostos aos indígenas e às suas comunidades.

Outra onda impactante social e ambientalmente abateu-se sobre esta mesma territorialidade e seus habitantes no início da década de 90, prolongando-se, sobretudo suas consequências nefastas, até o presente momento. Trata-se da abertura da Terra Indígena Arariboia a uma desregulada exploração madeireira. Com anuência, na época, do próprio órgão estatal gestor da política pública indígena, o que na prática aconteceu, visto a olho nu, foi um verdadeiro saque aos recursos naturais da Terra Indígena Arariboia. Caminhões madeireiros rodavam 24 horas ininterruptas, deixando um rastro de destruição.

Figura 4. Caminhão madeireiro e combate ao fogo na TI Arariboia.

Foto: arquivo próprio.

Hoje, cessadas as maiores tempestades provocadas por essas forças externas,

mesmo já tendo decorrido algumas décadas, ainda se mantém os seus profundos impactos e há muito por reconstruir. Carros e máquinas tornaram-se sucatas, madeiras e caças foram exauridas. Resta um povo com novos hábitos, principalmente de consumo, muita escassez de recursos naturais e uma acentuada crise de perspectiva étnico-comunitária. Felizmente, mais uma vez o Povo Tentehar demonstra sua maior riqueza a capacidade de resistência e regeneração.

As experiências catastróficas motivadas por interesses e projetos externos deixaram um legado de destruição material e imaterial, a presença e interferência de novas simbologias sobre o comportamento de indígenas e sobre os seus ritos hoje é um risco na fragilização da cultura indígena; mas, forçadamente, elevou nesse mesmo povo a capacidade de discernimento, de compreender um pouco mais o mundo não índio, e de melhor compreender-se nesse processo de difícil, mas de inexorável interação. A reflexão gerada da experiência recente revela um novo entendimento coletivo acerca do entendimento de que, até então, o Povo Tentehar não houvera assumido seu projeto societário de vida. Até então não havia parado para construir, coletivamente, no diálogo solidário e amoroso, a sua perspectiva de sustentabilidade social, econômica, cultural e ambiental. Atualmente materializado e evidenciado na inexistência de um instrumento de gestão sociocultural, econômica, territorial e ambiental, nascido da realidade sentida e vivida pelo Povo Tentehar, por meio do Plano de Gestão Territorial e Ambiental da Terra Indígena Arariboia. Este instrumento de gestão ajudará o Povo Tentehar a enfrentar uma série de subproblemas que condicionam e fragilizam seu potencial de etnodesenvolvimento, tais como: conhecimento restrito do território indígena sobre o olhar dos bens/referências culturais existentes; aumento da influência dos não índios (e de mestiços) sobre hábitos e comportamentos de comunidades indígenas; permanente conflito com invasores em áreas de menor ocupação e uso nas terras indígenas; falta de conhecimento da biodiversidade existente, das zonas de alto valor de conservação para desenvolvimento de geração de renda e reduzidas atividades alternativas de uso do solo para produção, com aumento de consumo de produtos comercializados em áreas urbanas.

Área Protegida	Área em km^2					Focos de calor**
	Área Total	Desmatamento acumulado[1]	Floresta degradada[†]	Pastagem*	Vegetação Secundária*	
TI Alto Turiaçu	5.293,4	425,1 (8,0%)	69,0 (1,4%)	93,0 (21,9%)	225,3 (53,0%)	158
TI Caru	1.708,9	166,8 (9,8%)	6,1 (0,4%)	25,7 (15,4%)	47,3 (28,3%)	33
TI Awá	1.167,7	423,4 (36,3%)	4,9 (0,7%)	229,1 (54,1%)	81,9 (19,4%)	132
TI Araribóia	4.138,3	246,2 (6,0%)	1.751,9 (45,0%)	88,9 (36,1%)	110,8 (45,0%)	2.116
TI Rio Pindaré	155,1	86,8 (56,0%)	-	17,2 (19,8%)	66,9 (77,0%)	18
TI Alto Rio Guamá	2.823,4	941,4 (33,3%)	157,5 (8,4%)	374,6 (39,8%)	393,4 (41,8%)	437
REBIO Gurupi	2.712,0	797,6 (29,4%)	159,4 (8,3%)	264,2 (33,1%)	208,7 (26,2%)	307
'Mosaico Gurupi'	**17.998,8**	**3.087,4 (17,2%)**	**2.148,9 (14,4%)**	**1.092,7 (35,4%)**	**1.134,2 (36,7%)**	**3.201**
Outras áreas ***	28.387,7	23.163,1 (81,6%)	1013,2 (19,4%)	12.105,3 (52,3%)	5.478,8 (23,7%)	5.501
Área de Influência do 'Mosaico Gurupi'	**46.386,5**	**26.244,7 (56,6%)**	**3.162,2 (15,7%)**	**13.197,9 (50,3%)**	**6.612,9 (25,2%)**	**8.702**

Tabela 1. Desmatamento, degradação florestal, pastagens, vegetação secundária e focos de calor nas Áreas Protegidas (TI´s e Rebio).

Fonte: Celentano et al (2018)

Destaca-se na tabela apresentada o alto índice de focos de calor e o percentual de pastagem na TI Arariboia, afetando significativamente na redução das áreas de produção familiar da mandioca e outras culturas alimentares.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Terra Indígena abriga uma diversidade da fauna e flora da floresta amazônica e do cerrado, com destaque para espécies florestais madeireiras, fitoterápicas e palmeiras de uso extrativista. Os povos que a habitam detêm conhecimentos sobre o manejo de recursos naturais, onde criaram diferentes formas de utilização, especialmente para plantas medicinais. No artesanato, com destaque para as mulheres indígenas, dominam tecnologias valiosas sobre o aproveitamento e a utilização de sementes, penas, ossos, palhas e fibras. Dentre as atividades voltadas para a produção agropecuária e também a florestal, destaca-se as farinhas de mandioca, grãos (arroz e milho) e fruticultura (cacau, banana). Na pecuária, a produção de carne bovina e derivado (leite). Dos produtos extrativos, pode – se elencar o mel de abelhas, óleo de copaíba, a pesca extrativa. Em relação à domesticação de espécies vegetais, são exemplos o cacau do mato e ananás gigante doce, usados também na alimentação.

No sentido de potencializar tais atividades, faz-se necessário dá continuidade ao processo de articulação de agentes e instituições (públicas e privadas) que desenvolvem e porventura, queiram desenvolver algum nível de intervenção no âmbito da TI Arariboia,

buscando-se fortalecer as organizações sociopolíticas e comunitárias das comunidades indígenas para implantação de políticas públicas que fomente a gestão dos recursos naturais e produtivos no interior e no entorno da referida Terra Indígena.

REFERÊNCIAS

CELENTANO, Danielle et al. Desmatamento, degradação e violência no" Mosaico Gurupi"- A região mais ameaçada da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 92, p. 315-339, 2018.

CHIZZOTTI, A**. A pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**. 2ª ed. Cortez ,São Paulo, 1995.

CHAMBOULEYRON, R. **Escravos do Atlântico equatorial: tráfico negreiro para o Estado do Maranhão e Pará (século XVII e início do século XVIII)**. Rev. Bras. Hist., São Paulo, v. 26.

SAQUET, Marco Aurélio. **Concepções e abordagens de territórios.** São Paulo: Expressões Populares, 2008.

ISA – Instituto Socioambiental*. Disponível em: < https://www.socioambiental.org/pt-br>. Acesso em: out. 2017.*

HEIDRICH, A. L. **Território, integração socioespacial, região, fragmentação e exclusão social**. *In*: RIBAS, A. D., SPOSITO, E. S. & SAQUET, M. A. **Território e Desenvolvimento: diferentes abordagens**. Francisco Beltrão: UNIOESTE, 2004.

RAFFESTIN, C. **O Território e o Poder**, In: Raffestin, C. Por uma Geografia do Poder. São Paulo. Ática, 1993.

SPOSITO, E. S. Sobre o Conceito de Território: um exercício metodológico para **a leitura territorial do Sudoeste do Paraná**. *In*: RIBAS, A. D., SPOSITO, E. S. & SAQUET, M. A. Território e Desenvolvimento: diferentes abordagens. Francisco Beltrão: UNIOESTE, 2004.

DIEGUES, Antonio Carlos Santana. **O mito moderno da natureza intocada**. — 3.a ed. — São Paulo: Hucitec - Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras. USP, 2000.

BOZZANO, H. **Territórios reales, territórios pensados, territórios posibles: aportes para uma teoria territorial del ambiente**. Buenos Aires: Espacio Editorial, 2000.

CAPÍTULO 9

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE AÇÕES PARA MELHOR GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE PATROCÍNIO, MINAS GERAIS

Data de aceite: 01/12/2021

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química
Uberlândia – Minas Gerais - Brasil
http://lattes.cnpq.br/12970002659897780
https://orcid.org/0000-0003-3587-486X

Valdinei de Oliveira Santos
Escola Estadual Dom Eliseu
Unaí –Minas Gerais - Brasil
http://lattes.cnpq.br/5877647086852971

José Domingos de Oliveira
Colégio Aprov. LTDA
Catalão – Goiás - Brasil
http://lattes.cnpq.br/8899369930077820

RESUMO: A geração de resíduos sólidos associado à disposição final de forma inadequada vem levantando inúmeras discussões no âmbito social e cientifico em todo o mundo, visto que tal medida somente retarda o tempo para algo que necessite de uma solução. Em 2010, o Brasil instituiu por meio da Lei nº 12.305 a qual instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que após onze anos desde a sua promulgação, não apresentou os resultados que se esperava, visto que as políticas públicas voltadas para investimento em infra-estrutura voltadas para melhorias no saneamento básico não avançam em função da falta de aporte financeiro por parte do governo federal e dos estados aos municípios, em especial aos pequenos e de médio porte, que não possuem condições de arcar com contratação de especialistas para elaborar um projeto de gestão de resíduos sólidos visando o aporte financeiro dos entes federativos e da própria União. Além disso, a falta de formação e de informação das pessoas em relação às questões ambientais contribui para a geração e disposição de resíduos sólidos em qualquer lugar e de qualquer forma, não tendo a mínima noção do impacto que gera na saúde pública e no bem estar de toda a sociedade. Diante disso, este trabalho pretende apresentar um conjunto de ações, de caráter sugestivo, a serem executados a curto, médio e longo conforme apontado pelo estudo de caso do município de Patrocínio, Minas Gerais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, saneamento básico e saúde pública.

PROPOSED IMPLEMENTATION OF ACTIONS FOR BETTER SOLID WASTE MANAGEMENT IN SMALL AND MEDIUM-SIZED MUNICIPALITIES: CASE STUDY IN THE CITY OF PATROCÍNIO, MINAS GERAIS

ABSTRACT: The generation of solid waste associated with inadequate final disposal has been raising numerous discussions in the social and scientific spheres around the world, as such a measure only delays the time for something that needs a solution. In 2010, Brazil instituted through Law nº. 12.305 which instituted the National Solid Waste Policy (PNRS) which, after eleven years since its enactment, has not presented the expected results, since public policies aimed at investment in infrastructure aimed at improving basic sanitation does not advance due to the lack

of financial support from the federal government and the states to municipalities, especially small and medium-sized ones, who cannot afford to hire specialists to prepare a solid waste management project aimed at the financial contribution of federal entities and the Union itself. In addition, the lack of training and information of people in relation to environmental issues contributes to the generation and disposal of solid waste anywhere and from anyway, not having the slightest notion of the impact it generates on public health and on the well-being of the entire society. Therefore, this work intends to present a set of actions, of suggestive character, to be executed in the short, medium and long term, as pointed out by the case study of the municipality of Patrocínio, Minas Gerais.
KEYWORDS: Solid waste, basic sanitation and public health.

1 | INTRODUÇÃO

No passado, os resíduos produzidos pela população eram, em sua maioria, compostos orgânicos facilmente degradados. No entanto, com a industrialização,naumentou-se a produção bens não duráveis e alimentos industrializados, levando a mudança das características e o volume desses resíduos produzidos, levando a consequências graves para saúde pública e ambiental (GALVÃO; BASÍLIO SOBRINHO; SAMPAIO, 2010).

Para Galvão e colaborares (2010), o aumento na quantidade e diversidade de resíduos gerados pela sociedade, vem contribuindo para o agravamento do problema de saneamento na maioria dos municípios em função da falta de um planejamento efetivo, de uma gestão dos resíduos sólidos entre outros fatores associados ao saneamento. A ausência destas políticas de iniciativa do poder público resulta em graves problemas de contaminação do ar, do solo, das águas superficiais e subterrâneas, criação de focos de contaminação de doenças de veiculação hídrica e de vetores de transmissão de várias doenças, resultando em sérios problemas de impacto na saúde pública.

A ABNT (1987) define o termo “lixo” ou “resíduos sólidos”, como sendo os “ restos das atividades humanas que não possuem utilidade, são indesejáveis e descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional”. Para Poleto (2010) o termo “lixo” pode ser definido como tudo aquilo que não se quer mais, ou seja, não se deseja mais e se descarta, em outras palavras; são coisas velhas, inúteis e desprovidas de qualquer valor para o ser humano. Logo, o acúmulo de lixo é uma atividade exclusivamente humana, derivada do estilo de vida que desenvolveu ao logo do tempo que resulta na produção de uma quantidade e variedade de lixo muito grande, ocasionando a poluição do solo, das águas e do ar com resíduos tóxicos ou com potencial de toxicidade, além de propiciar a proliferação de vetores de doenças (CAMPOS; BORGA; SARTOREL, 2017; HESS, 2002).

Em função disso, tem-se aumentado a discussão a respeito dos impactos ambientais por diferentes segmentos da sociedade (órgãos governamentais, iniciativa privada e a sociedade em geral), com o objetivo de buscar meios de reverter e/ou minimizar os danos causados ao meio ambiente. Tal preocupação se justifica em função do aumento

da população, hoje pouco mais 7 bilhões de pessoas, com uma projeção de crescimento para 9,6 bilhões até o ano de 2050. Para manter esta quantidade de pessoas, com o estilo de vida atual, seria necessário o triplo de recursos naturais existentes no planeta Terra (FRACASSO et al., 2017; ONU, 2017).

Além da escassez de recursos naturais, que comprometeria diretamente a sobrevivência de grande parte da humanidade, o aumento na geração de lixo irá desencadear maior número de doenças provenientes do mau gerenciamento do mesmo, que ocasiona a morte de aproximadamente 5,2 milhões de pessoas, sendo 4 milhões de criança, por ano no presente momento. Em termos mundiais, o volume de lixo produzido deve dobrar até 2025 (DAMBROS; CRUZ, 2012).

No Brasil, conforme os dados apontados pela Associação Brasileira de Empresas e da Saúde Pública (ABRELP) em 2015, o número de resíduos sólidos urbanos gerados anualmente foi de 79,9 milhões de toneladas com uma média de 90% de coleta. Isto significa que 7,3 milhões de toneladas de resíduos tiveram destinação imprópria em função da ausência de coleta. É importante reforçar que o índice de 90% de coleta, não significa a destinação mais correta possível (aterro sanitário), uma vez que na maioria dos municípios existe a predominância de lixões ou aterros controlados que não oferecem a disposição final adequada, resultando em vários impactos ambientais que afetam diretamente a saúde da população, ocasionando o aumento de locação de recursos financeiros para a saúde pública neste segmento (ABRELP, 2015), recursos estes que poderiam ser aplicados na melhoria e aumento da capacidade de atendimento do próprio setor saúde, bem como destinado a outros setores da sociedade que carecem na atualidade de maiores aportes financeiros por parte da gestão pública.

O Brasil por possuir uma enorme área territorial (8.516.000 km^2), sendo o quinto maior país do mundo. Sua população, segundo o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - apontou uma população com 209 milhões de habitantes distribuída pelas cinco regiões do país. No entanto, tal distribuição não é homogênea e foi mensurada pelo IBGE da seguinte forma: (i) 22% da população vive no estado de São Paulo; (ii) 24% da população vive nas 27 capitais do país; (iii) 57% da população vive em apenas 5,7% da área territorial do país; (iv) apenas três estados, todos na região Norte, possuem menos de 1 milhão de habitantes; e (v) apenas 0,8% dos municípios possuem uma população com mais de 500 mil habitantes. Este levantamento apontou que a região sudeste possui quase 88 milhões de habitantes, representando 42% de toda a população (IBGE, 2018).

Dentro da região sudeste, está o Estado de Minas Gerais com o maior número de municípios (853) dos 5570 existentes em todo o país, sendo o segundo estado mais populoso do país (21 milhões) com aproximadamente 2,5 milhões de habitantes na capital (12%) seguido por uma população de quase 2 milhões de habitantes distribuídos em três cidades: Uberlândia, Contagem e Betim. Logo, pouco mais de 21% da população vivem em

apenas quatro municípios e os demais 79% vivem em 849 municípios (99,5% do total). O estado de Minas Gerais é dividido em 10 regiões, a saber: Central, Centro-Oeste de Minas, Jequitinhonha/Mucuri, Zona da Mata, Noroeste de Minas, Norte de Minas, Rio Doce, Sul de Minas, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (IBGE, 2018).

A região do Alto Paranaíba é constituída por 18 cidades, sendo que Patrocínio é a segunda maior cidade com uma população de pouco mais de 90 mil habitantes (IBGE, 2018). Diante da realidade mundial e brasileira, o município de Patrocínio não está distante em relação à falta de ações para melhor gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes de domicílios, comercio, setor de saúde, industrial e construção civil, necessitando implementar um de plano de gerenciamento de resíduos sólidos com ações a serem desenvolvidas a pequeno, médio e longo prazo.

Diante disso, o presente projeto tem por objetivo apresentar ações a serem desenvolvidas por iniciativa do setor público, com a participação ativa da população e dos setores comerciais e industriais localizados no município, a fim de estabelecer ações para um melhor manejo e um descarte mais adequado de seus resíduos gerados, possibilitando uma melhor qualidade de vida a toda a sociedade, com geração de emprego e renda a famílias que vivem da coleta de recicláveis e a redução de gastos com manejo e disposição final de resíduo para o município de Patrocínio.

2 I GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO CENÁRIO BRASILEIRO

O déficit nos serviços de saneamento, no que tange a coleta, tratamento intermediário e disposição final mais adequada dos resíduos sólidos urbanos, deveria ser uma prioridade nos planos de governo dos gestores municipais em função dos impactos diretos que podem afetar a qualidade de vida da população de diversas formas. No entanto, grandes partes dos municípios brasileiros ainda não se adequaram aos marcos regulatório do setor em função da falta de recursos humanos qualificados para elaborar um plano e apresentar aos governos estaduais e federal o aporte de recursos financeiros para a sua implementação (BRASIL, 2016).

Por intermédio do governo federal, foi instituída A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS por meio da lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, se constituindo em um importante instrumento para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, estabelecendo três conceitos: (i) **geradores de resíduos sólidos:** pessoas físicas ou jurídicas que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo; (ii) **logística reversa:** restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos,ou outra destinação final ambientalmente adequada e (iii) r**ejeitos:** resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação não apresentem outra possibilidade que não a disposição

em aterros sanitários (PNRS, 2010). Além disso, o PNRS estabelece que as pessoas devam acondicionar de forma adequada o lixo para o recolhimento do mesmo, fazendo a separação onde houver a coleta seletiva (KONRAD; CALDERAN, 2011). No entanto, em função da quase inexistência de coleta associada a falta de conscientização pela maioria da sociedade, que não possui a percepção da importância de sua participação como agente responsável para proporcionar uma melhor qualidade de vida em seu ambiente e consequentemente para o meio ambiente (SUESS et al., 2013).

Diante disso, a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos sólidos, precisa ser visto como política pública que a *priori* irá necessitar de enormes esforços do poder público municipal em parceria com o estado e a união que a *posteriori* trará enormes benefícios não só para a sociedade, mas a redução drástica de recursos financeiros destinados a saúde pública para atendimento de problemas de saúde desencadeados pelo mau gerenciamento de resíduos sólidos. Isto pode ser justificado pela composição e constituição do lixo: 57% de matéria orgânica (sobras de alimentos, alimentos deteriorados, lixo de banheiro), 16,5% de plástico, 13,2% de papel e papelão, 2,5% de vidro, 1,6% de material ferroso, 0,5% de alumínio, 0,5% de inertes e 8,1% de outros materiais (IPEA, 2017).

Neste contexto, a criação e consequentemente a aplicação de um plano de gerenciamento de resíduos é de suma importância para: (i) melhorar a qualidade de vida das pessoas; (ii) reduzir recursos destinados a serviços de coleta e limpeza urbana; (iii) aumentar a vida útil dos aterros sanitários ou controlados; (iv) reduzir custos da saúde relacionados a doenças vinculada a má gestão e manipulação de resíduos; (v) melhorar a preservação e conservação dos diferentes ecossistemas, em especial a biota aquática; (vi) reduzir custos no tratamento de água para fins potáveis; (vii) geração de emprego e renda a famílias que vivem de materiais recicláveis e (viii) reduzir a velocidade de retirada de recursos naturais, por intermédio da criação de políticas que incentivem o uso de materiais recicláveis dentre outros (SOUSA; CHAVES; ALVIM, 2015). Logo, os municípios brasileiros necessitam, em caráter de urgência, de um plano de gerenciamento de resíduos, em consonância com o PNRS, que possa ser colocado em prática por intermédio de ações a serem cumpridas a curto, médio e longo prazo. As ações que requerem aporte financeiro para iniciar a aplicação deste projeto, poderão ser adquiridas por meio de parcerias com a iniciativa privada, estado e união.

3 | A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ÂMBITO DO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO

Segundo informações do setor de limpeza urbana da secretária de obras, o município de Patrocínio recolhe diariamente cerca de setenta e cinco toneladas de resíduos exclusivamente domésticos e comerciais. Além disso, existem outras dezenas de toneladas de resíduos provenientes de outros segmentos da sociedade: construção civil, industrial,

setor de saúde, resíduos que chegam a estação de tratamento de esgoto bem como o lodo gerado ao final do tratamento, resíduos provenientes do serviço de varrição de vias públicas, sem contabilizar aqueles que são lançados em áreas públicas e particulares que não são contabilizados, em função da falta de coleta. Resultando em, aproximadamente, 100 toneladas de resíduos o que daria mais de 1,00 kg de resíduo/habitante/dia. Por parte do serviço de limpeza urbana estão envolvidos aproximadamente 20 caminhões, 10 veículos de pequeno porte tanto da Secretária de Meio Ambiente quanto a de Obras, podendo resultar em um contingente de 200 ou mais servidores envolvidos direta ou indiretamente neste processo. Isto resultaria, em aproximadamente, R$500.000,00 com folha de pagamento e encargos trabalhistas, além do custo de operação e manutenção da frota de veículos (combustível, peças e parte mecânica) cerca de R$ 50.000,00. Logo, pode-se afirmar que o gasto mensal seria de R$550.000,00/mês ou R$ 6.600.000,00/ano podendo chegar há quase sete milhões de reais, considerando períodos festivos (festas religiosas, festas de final de ano entre outros). Não sendo computado o gasto referente com a saúde ocasionada pela disposição inadequada; serviços de limpeza de terrenos; setor de controle de zoonoses; manutenção do lixão entre outros.

Sabendo-se que o resíduo destinado ao aterro controlado possui 80% de constituintes orgânicos e materiais recicláveis ou que poderiam ser reaproveitados (Figura 1), a implementação de ações visando o destino somente de materiais que não podem ser reciclados, reaproveitados ou decompostos, teríamos uma redução de quase 60% de recursos financeiros que poderiam ser destinados a outros setores, bem como o remanejamento de servidores para outros locais com atribuições e vencimentos equivalentes.

Figura 1: exemplo da composição do lixo e a forma de condicioná-lo para descarte ou recolhimento pelo serviço de coleta.

Fonte: Os autores (2021).

Além disso, o tempo de vida útil da área atual destinada ao aterro controlado irá aumentar em função da redução de lixo que chegará ao mesmo, podendo o município iniciar a elaboração de um projeto para a construção de um aterro sanitário em consórcio com municípios vizinhos distantes até 60 km, buscando os meios para receber recursos do governo Estadual e Federal para construção de tal empreendimento que poderá ser estabelecido por meio de parceria com os municípios comentados. Para tanto, um conjunto de ações com iniciativa do poder público municipal, deverá ser realizado a fim de surtir efeitos de pequenos a longos prazos, o que resultará em uma cidade que será referência para outros municípios e até mesmo o Brasil. Tais ações que serão apresentadas deverão ser revistas, reavaliadas e incrementadas com outras de acordo com a necessidade que possa surgir no município. Este projeto se constitui somente em um ponto de partida a ser seguido para implantação de uma política séria e efetiva para redução do volume de resíduo gerado.

3.1 Sugestão de plano de ações a serem implementadas com vistas a atender a PNRS

A fim de implementar o conjunto destas ações, em consonância com o Programa Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS é extremamente necessário e urgente o envolvimento do poder público municipal, a ACIP (Associação Comercial e Industrial de Patrocínio) e os munícipes por intermédio de um conjunto de ações, sugeridos pelos autores, a serem desenvolvidas em conformidade com a realidade do município.

3.1.1 Introdução de metais tóxicos em função da disposição inadequada de veículos e peças automotivas no solo

Estabelecimentos de serviços veiculares, tais como desmanches, oficinas mecânicas, ferros-velho, estacionamentos, recicladores de peças automotivas, pátios de recolhimento e apreensão de veículos podem ser considerados como fontes de contaminação ambiental por metais tóxicos (MAKARA et al., 2014; REVITT et al., 2014). Isto se deve ao fato da grande maioria destes estabelecimentos não serem cobertos e nem possuírem a impermeabilização do solo, fazendo com que os metais sejam lixiviados por meio do solo, chegando a águas subterrâneas e consequentemente contaminando-as. Além dos metais, óleos e graxas provenientes de outros serviços contaminam o solo e posteriormente os corpos aquáticos (LANGE, 2018). No município de Patrocínio não é diferente, uma vez que podemos encontrar dezenas de locais onde peças e veículos estão rente ao solo sem impermeabilização, conforme pode ser visto pela Figura 2.

Figura 2: (a) Rua Pintos Dias em frente a Escola Municipal e (b) Ferro-velho na Avenida General Astolfo Ferreira Mendes

Fonte: Os autores (2021).

Para se evitar tanto a contaminação do solo por metais, quanto o desenvolvimento de criadouros do mosquito da dengue, caberá ao município: i) estabelecer e definir um prazo para que os donos de ferros-velho, bem como oficinas mecânicas entre outros locais que armazenam peças rente ao solo, procedam à impermeabilização do mesmo e a cobertura dos pátios. Caso não haja o cumprimento dentro do prazo previsto, o poder legislativo em consonância com a legislação vigente, e cumprimento pelo chefe do executivo, a não renovação dos alvarás já existentes e estabelecer as condições de funcionamento para a liberação de novos alvarás para estabelecimentos com a mesma finalidade.

3.1.2 Incentivo e estimulo a participação da sociedade

A sociedade, de forma geral, não se sente e muito menos se vê como um elo de importância fundamental para o bom funcionamento de um projeto que visa a redução de resíduos gerados em seus domicílios e consequentemente a quantidade de lixo destinado a locais inapropriados para o seu devido descarte. A ideia de que "... não estando próximo de mim, não me oferece riscos..." está impregnada na sociedade brasileira, uma vez que o conceito de poluição está diretamente relacionado a aquilo que se vê e sabe-se de seus malefícios a saúde. Tal pensamento é fruto do conhecimento já ultrapassado e que foram e são disseminados ao longo das gerações por meio de livros didáticos.. Logo, esta visão associada à falta de uma política que incentive a sociedade a buscar maior esclarecimento leva as pessoas a não possuírem uma consciência ambiental mais apurado em relação a tal temática.

Diante deste cenário e sabendo-se que pelos meios de educação formal o processo de formação ou reformulação pode levar muito tempo, faz se necessário criar mecanismos que levem as pessoas a adotarem práticas mais adequadas de manejo de resíduos sólidos por intermédio de incentivos que atrairão o interesse da sociedade de forma imediata, a criação e desenvolvimento de programas eficientes de Educação Ambiental nas séries iniciais da rede municipal de ensino, com possibilidade de ser ampliada para a rede estadual

mediante convênios e parceiras com o estado. Para se cumprir esta meta, será necessária adotar algumas ações (sugestões) entre as quais: i) os professores deverão passar por uma capacitação efetiva, visando à melhor compreensão em relação à preservação e conservação do meio ambiente durante as atividades realizadas em sala de aula, atitudes simples a serem desenvolvidas, tais como: não jogar lixo nas ruas ou terrenos sem edificações; trabalhar a importância da higienização pessoal e limpeza de seus lares; não sujar as salas bem como outras repartições da escola; ensinar a importância de se conservar e preservar a limpeza de locais de uso públicos; dentre outras ações e/ou medidas a serem estabelecidas de acordo com as características de cada instituição de ensino. ii) implementar, de forma simples e lúdica, a importância de devolver ao solo resíduos orgânicos (cascas, galhos, frutos apodrecidos entre outros) em escolas por intermédio da aquisição de composteiras; iii) promover, no mínimo, trimestralmente o dia "cuidando do meu ambiente e do meio ambiente" a ser realizado, preferencialmente, aos finais de semana em período integral com o oferecimento de: gincanas e atividades que trabalhem o desenvolvimento de uma conscientização ambiental para pais e alunos; oficinas que trabalhem de forma a ensinar a transformar produtos recicláveis em utensílios, objetos artísticos, decorativos e até mesmo o reuso de materiais recicláveis; oferta de palestras por profissionais convidados ou professores da rede que ministram disciplinas relacionados direta ou indiretamente com a temática; iv) os dias destinado a comemoração do dia da água e da árvore, deverão se correlacionar com a questão da poluição ocasionada pela geração de resíduos sólidos, uma vez que estes afetam direta ou indiretamente a qualidade e existência destas temáticas comemoradas; e v) oferecer um desconto percentual no valor do IPTU a ser pago no ano posterior a implementação deste programa, considerando-se para efeito de cálculo o período (meses) e a quantidade de material reciclável gerado que será contabilizado por membros da associação de catadores durante a coleta residencial;

3.1.3 Das atribuições e responsabilidades do município para implementar o programa de redução de resíduos

O município deverá criar e viabilizar as condições a criação de uma infra-estrutura a ser oferecida em área estratégica, seguido das seguintes condições: *i*) conduzir a criação e constituição de uma associação de catadores de materiais recicláveis, auxiliando-os em todas as etapas (abertura, funcionamento e gestão); *ii*) apoio técnico de forma a profissionalizar a associação, levando-a a ser independente após determinado período do tempo; *iii*) criação de pequenas áreas para recebimento de recicláveis nos distritos e povoados do município e; *iv*) incentivar a instalação de empresa especializada em reciclagem de materiais, eliminado os atravessadores.

No âmbito da infraestrutura de instalações físicas e áreas pertencentes ao município, adotar-se-á, as seguintes medidas: *i*) capacitar os servidores e/ou funcionários que atuam na coleta do lixo, oferecendo informações que auxiliem na identificação dos resíduos não

recicláveis; *ii*) implementar ações para redução ou minimização de resíduos gerados nas autarquias, entre as quais: confecção de blocos de rascunho, confecção de canecas a serem distribuídas para todos os servidores do município e incorporadas no kit de material escolar; substituir o papel toalha por secador de mãos com sensor; substituir as torneiras tradicionais, por torneiras com sensor de presença; *iii*) aumentar a fiscalização em relação à limpeza continua de terrenos localizados na área urbana do município, bem como autuar os proprietários de forma a realizar a retirada de entulhos oriundos de casas demolidas total ou parcialmente, conforme Figura 4; *iv*) fiscalizar e autuar os donos de estabelecimentos comerciais que contribuem com a disposição incorreta de resíduos nos canteiros das principais avenidas localizadas no centro comercial da cidade, conforme Figura 5; *v*) reutilizar pneus para confecção de protetores para canteiros centrais das avenidas, jardins ou canteiros de hortaliças nas escolas municipais, praças da cidade, conforme a Figura 6; *vi*) instalar lixeiras nos pontos de ônibus distribuídos pela cidade, conforme a Figura 7 e *vii*) criar um canal de comunicação entre o serviço de limpeza urbana e a comunidade, com o intuito de recolher podas de árvores, evitando o seu lançamento nos canteiros centrais das avenidas da cidade, conforme a Figura 8.

Figura 4: (a) terreno sendo utilizado como deposito de lixo e (b) imóvel parcialmente demolido localizado próximo ao viaduto

Fonte: Os autores (2021).

Figura 5: Exemplos de disposição de lixos nas principais avenidas do centro da cidade

Fonte: Os autores (2021).

Figura 6: exemplo de utilização de pneus em jardins e em escolas no município de Patrocínio

Fonte: Os autores (2021).

Figura 7: Foto de um ponto de ônibus localizado próximo ao terminal rodoviário

Fonte: Os autores (2021).

Figura 8: exemplos de descarte de podas de árvores em diferentes locais em Patrocínio

Fonte: Os autores (2021).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medidas apontadas pelos autores são de caráter sugestivo com fundamentação e embasamento técnico-científico, tendo o município à liberdade de acrescentar, subtrair e complementar tais ações sugeridas. Espera-se que a iniciativa de um bom projeto de gerenciamento de resíduos sólidos, proporcione: *i*) geração de emprego e renda para dezenas de famílias que dependem da coleta de materiais recicláveis; *ii*) redução de até 80% do lixo a ser coletado e destinado ao aterro controlado; *iii*) redução de custos com maquinários e utensílios da secretaria de obras; *iv*) redução do número de funcionários que são contratados para prestar o serviço de limpeza; *v*) efetiva educação ambiental efetiva e que atinja todos os munícipes de Patrocínio; *vi*) estimulo ao desenvolvimento de práticas de educação ambiental nas escolas desde as séries iniciais de responsabilidade do município; *vii*) incentivo o reaproveitamento de materiais recicláveis nas residências; *viii*) criação de objetos artísticos e paisagísticos provenientes de materiais recicláveis, podendo gerar outra fonte de emprego e renda; *ix*) diminuir o número de vetores de doenças oriundos do mau gerenciamento de resíduos sólidos, implicando em redução de gastos na saúde para tal fim.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 8.419. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos** – *Procedimento*. 1987.

ABRELP – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo, 2015.

BENSEN, G. R.; JACOBI, P. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Revista Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – Setorial. Brasil, n. 40, p.43-92, 2014. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3041/1/Estimativa%20de%20investi mentos%20em%20aterros%20sanitarios_P.pdf Acesso em: 10 de outubro de 2021.

BRASIL. (2016). Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília-DF, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 de outubro de 2021.

CAMPOS, R.; BORGA, T.; SARTOREL, A. Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos do município de Iomerê/SC, através de uma análise quantitativa e qualitativa. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, p. 64-74, 2017.

DAMBROS, I. V.; CRUZ, S. F. O. **Gestão dos resíduos sólidos.** In: SCALOPPE, L A. E. (Org.) Seminários Regionais Ambientais, Cuiabá: KMC Editora, 2012.

FRACASSO, M. et al. Diagnóstico e proagnóstico dos RSU para município de Sananduva/RS. **HOLOS**, v. 4, p. 282 -298, 2017.

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; BASILIO SOBRINHO, G.; SAMPAIO, C. C. A Informação no Contexto dos Planos de Saneamento Básico. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2010. 288p.

HESS, S. **Educação Ambiental**: nós no mundo, 2ª ed. Campo Grande: Ed. UFMS, 2002, 192 p.

KONRAD, O; CALDERAN, T. B. **A preservação ambiental na visão da política nacional dos resíduos sólidos**. 2011. Disponível em: http://www.ambitojuridico.com.br Acesso em: 06 junho de 2019

LANGE, C. N. **Avaliação da contaminação de solos e água subterrânea por elementos potencialmente tóxicos em um pátio de recolhimento de veículos. Estudo de Caso: Ribeirão Pires, SP.** 2018. 145p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisa em Energia Nuclear – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MAKARA, C. N. et al. **Avaliação da contaminação do solo em depósito de veículos por metais no município de Araucária**, 2014. Disponivel em: http://sei.cp.utfpr.edu.br/ocs/index.php/sei/2014/paper/viewFile/63/239 Acesso em 07 de junho de 2019.

POLETO, C. **Introdução ao gerenciamento ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

REVITT, D. M. et al., The sources, impact and management of car park runoff pollution: A review. **Journal Environmental Management**, v. 146, p. 552-567, 2014.

SOUSA, O. T.; CHAVES, I. R.; ALVIM, A. M. Reciclagem e gestão de resíduos sólidos como possibilidades para a geração de benefícios sociais, econômicos e ambientais. **Revista Grifos**, n,38/39, p. 51-70, 2015.

SUESS, R. C.; BEZERRA, R. G.; CARVALHO SOBRINHO, H. Percepção Ambiental de Diferentes Atores Sociais Sobre o Lago do Abreu em Formosa—GO. **HOLOS**, n. 26, p.241-258, 2013.

VILHENA, A. **Lixo municipal manual de gerenciamento integrado.** 4º Ed. São Paulo: CEMPRE, 2018.

VITAL, M. H. F.; INGOUVILLE, M.; PINTO, M. A. C. **Estimativa de investimentos em aterros sanitários para atendimento de metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos entre 2015 e 2019.**

CAPÍTULO 10

SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA (Ag) E INCORPORAÇÃO NO FARELO DA CASCA DO PINHÃO

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Ana Carla Thomassewski
Universidade Estadual de Ponta Grossa
Ponta Grossa - Paraná
http://lattes.cnpq.br/0898414583053334

Adriano Gonçalves Viana
Univerisidade Estadual de Ponta Grossa – Dequim
Ponta Grossa - Paraná
http://lattes.cnpq.br/6831661425476494

Adrielle Cristina dos Reis
Universidade Estadual de Ponta Grossa
Ponta Grossa - Paraná
http://lattes.cnpq.br/4967655061536070

Tamires Aparecida Batista de Oliveira
Universidade Federal de Sergipe
São Cristóvão – Sergipe
http://lattes.cnpq.br/4310786176532607

RESUMO: A reutilização de resíduos agroflorestais é de grande interesse acadêmico, pela geração de novas alternativas na área de produtos químicos e na produção de materiais biodegradáveis. No presente trabalho foi utilizado o farelo da casca do pinhão como suporte para a deposição da nanopartícula de prata, normalmente a semente do pinheiro Araucária é descartada sem uso. A prata é reconhecidamente um metal que apresenta elevada atividade antimicrobiana, tanto para bactérias, como para fungos e protozoários, em forma de nanopartículas apresentam características físicas e químicas extraordinárias, aumentando seu poder antibacteriana. A síntese e a deposição das nanopartículas de prata foram realizadas utilizando goma arábica (um polissacarídeo naturalmente funcionalizado com ácidos urônicos) como agente estabilizante e agente redutor, sob agitação e banho de gelo. Como resultado, obteve-se que o farelo da casca do pinhão mostrou-se um substrato satisfatório para deposição dos nanohíbridos de prata e goma arábica, evitando também a sua aglomeração.
PALAVRAS-CHAVE: *Araucaria angustifólia;* Casca do pinhão; Nanopartículas metálica;Prata.

SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES (Ag) AND INCORPORATION IN PINION SHELL

ABSTRACT: The reuse of agroforestry waste is of great academic interest, by generating new alternatives in the area of chemicals and the production of biodegradable materials. In the present work the pine bark bran was used as support for the deposition of silver nanoparticle, normally the Araucaria pine seed is discarded without use. Silver is recognized as a metal that presents high antimicrobial activity, both for bacteria, fungi and protozoa, in the form of nanoparticles present extraordinary physical and chemical characteristics, increasing its antibacterial power. The synthesis and deposition of the silver nanoparticles were carried out using gum arabic (a polysaccharide naturally functionalized with uronic acids) as a stabilizing agent and reducing agent, under stirring and ice

bath. As a result, it was obtained that the pine kernel bran proved to be a satisfactory substrate for deposition of silver nanohybrids and gum arabic, also avoiding their agglomeration.
KEYWORDS: *Araucaria angustifolia ;*Pinion shell ; Metallic nanopatticle.;Silver.

1 I INTRODUÇÃO

A sociedade atual convive com dois grandes problemas, relacionados ao meio ambiente, a escassez hídrica e a grande quantidade de lixo que é gerada diariamente nas cidades. Sobre a escassez hídrica, há uma necessidade urgente de novos métodos para purificação de água, sendo o maior desafio desenvolver metodologias baratas e limpas. Já sobre a geração de lixo, os resíduos agroflorestais, que geralmente são descartados, têm atraído à atenção da academia e da indústria, por se tratarem de um material barato, sustentável e que não poluente.

O reuso destes resíduos, tais como a casca do pinhão ou do coco, agrega um valor a um material destinado ao lixo, o que poderia ainda representar uma nova fonte de renda para os pequenos produtores (DANKOVICH; et al,2011; REZENDE,2016).

Os resíduos agroflorestais são uma boa alternativa aos combustíveis fósseis, por apresentarem um tempo de decomposição relativamente lento, além de serem renováveis (FERNANDES, et al, 2008). Um exemplo que pode ser citado sobre a reutilização desses resíduos é descrito por Rosa e colaboradores (2011), os quais utilizaram o pó da casca do coco verde na biorremediação de solos, através da biossorção de metais pesados.

Na região sul do Brasil, um resíduo comumente produzido é casca da semente do pinheiro Paraná (*Araucaria angustifolia*), conhecida como pinhão. A araucária é a única espécie de coníferas de ocorrência natural no Brasil possui um ciclo de vida normalmente superior a 200 anos, podendo atingir até 35 metros de altura (GUERRA, 2002; SOLÓRZANO, 1999).

A exploração e o manejo do pinhão proporcionam rendas apreciáveis para os pequenos produtores que possuem árvores em suas propriedades, a casca do pinhão é usualmente descartada como resíduo sem uma utilização especifica. (GUERRA, 2002; LIMA, et al, 2007). Este material tem atraído a atenção de pesquisadores, como por exemplo, Santos e colaboradores (2011), que mostraram que o pinhão apresenta um ótimo potencial para ser utilizado na produção de carvão ativado, o qual pode ser utilizado na remoção de metais em águas contaminadas.

Ao ramo da ciência que realiza estudos em escala nanométrica atribui-se o nome de nanociência ou nanotecnologia (DURAN, et al, 2006). A nanotecnologia pode ser definida como a ciência ou engenharia envolvida na síntese e caracterização de materiais cuja menor escala é a nanométrica, apresentando assim dimensões inferiores a 100 nm (MATSUSHITA, 2014).

A natureza tem feito uso de nanomateriais a milhares de anos, porém a primeira

síntese que se tem registro foi realizada apenas em 1959 por Faraday. As nanopartículas metálicas apresentam propriedades físicas e químicas diferenciadas, como por exemplo, maiores áreas superficiais e propriedades ópticas específicas. Parte do fascínio que ronda as nanopartículas é atribuído a suas inúmeras aplicações, em virtude de suas propriedades ópticas, eletrônicas, magnéticas e catalíticas, como a construção de sensores e de células fotovoltaicas, além de suas reconhecidas atividades antimicrobiológicas (MELO, et al, 2012).

A prata é reconhecida medicinalmente pelas suas propriedades antimicrobianas, sendo capaz de matar ou inibir o crescimento de cerca de 650 tipos de bactérias patogênicas. Desta forma diversos materiais têm sido desenvolvidos com nanopartículas de prata em sua composição, tais como vidros, polímeros e tecidos (MONTEIRO, 2009). Em suas formas iônica ou metálica (Ag^+ ou Ag^0), a prata interage com as bactérias interferindo no processo de replicação do DNA, inibindo o transporte de elétrons e/ou causando alterações na membrana celular (KIM, et al 2009).

O mecanismo de ação das nanopartículas deve-se ao fato de que os Íons de prata causam a precipitação das proteínas e agem diretamente na membrana plasmática da célula bacteriana, exercendo ação bactericida imediata e ação bacteriostática residual. Agentes bactericidas, como a prata, são substancias que matam de forma direta os microrganismos, ou agem em enzimas que mantem a bactéria viva. A contagem de bactérias viáveis decresce quando comparado com a contagem de bactérias totais (KIM, et al, 2009).

Neste contexto diversas rotas físicas e químicas para a síntese de nanopartículas metálicas têm sido desenvolvidas, sempre buscando um menor tamanho de nanopartícula e dando-se preferência para aquelas que menos agridam o meio ambiente. Assim, novos métodos de produção para nanopartículas de prata têm surgido, sendo os principais baseados na redução química de sais de prata em meio aquoso (ANTUNES, 2013; EDWARS, et al, 2007).

A tendência das pesquisas na área de nanocompósitos é a preparação de materiais em que as interações ocorrem na escala nanométrica. O grande potencial de aplicação desses materiais multifuncionais é a obtenção de propriedades diferenciadas e em diversos casos, superiores àquelas obtidas para os materiais puros (SANCHES, et al, 2005). Alguns nanocompósitos naturais apresentam a estrutura molecular e uma combinação perfeita entre os seus componentes, com propriedades mecânicas extraordinárias, essas propriedades serviram de inspiração para diversas pesquisas que buscam a sua reprodução.

A pesquisa e o desenvolvimento de nanocompósitos à base de biopolímeros aumentaram nos últimos anos, desencadeados pela preocupação de desenvolver materiais sustentáveis. A classe de materiais formada pela união de polímeros naturais e componentes inorgânicos, exibindo pelo menos uma dimensão em escala nanométrica, é denominada bionanocompósitos (LOPEZ, 2017). As propriedades dos bionanocompósitos são geralmente determinadas pela matriz, sendo que os biopolímeros constituem

uma excelente matriz para as nanopartículas, protegendo-as da degradação química e facilitando sua manipulação. A síntese controlada de bionanocompósitos possibilita a obtenção de materiais homogêneos de fácil processamento e de baixo custo de produção (LOPEZ, 2017).

Nesse trabalho foi realizada a incorporação de nanopartículas de prata, sintetizadas utilizando goma arábica (um polissacarídeo rico em ácidos urônicos) como agente estabilizante e redutor, na superfície do farelo da casca do pinhão visando uma possível aplicação futura em sistemas de desinfecção de amostras de água superficiais.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção e caracterização da casca do pinhão: As cascas de pinhão foram obtidas de fontes comerciais e depois de separadas das sementes, foram higienizadas, secas em estufa por 24 h e posteriormente, moídas no liquidificador e peneiradas. A remoção do excesso de pigmentos (compostos fenólicos) foi realizada por aquecimento e agitação junto à água destilada por uma hora, seguida de filtração, sendo o processo repetido até não mais se observar a liberação de pigmentos em solução. Em seguida o farelo foi submetido a processo de desinfecção em autoclave, a 134º C, durante 30 minutos visando assim eliminar possíveis microrganismos.

Síntese verde e caracterização das nanopartículas: para a síntese verde das nanopartículas, inicialmente foi realizado um planejamento fatorial 2^3 (tabela 1) para definir as melhores concentrações iniciais de goma arábica e de nitrato de prata. Nesse planejamento as concentrações de prata e goma foram: 1,0; 3,0; 5,0 (mg mL-1) e1,5; 2,5; 3,5 (mmol L-1) respectivamente.

Experimento	Goma Arábica	Ag^+
1	-	-
2	+	-
3	-	+
4	+	+
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	+	0
11	-	0

12	0	+
13	0	-

Tabela 1: planejamento fatorial

Fonte: a autora.

Desta forma foram realizados treze ensaios, sendo cinco repetições no ponto central, onde os sistemas foram mantidos sob agitação magnética e banho de gelo, durante 15 minutos. A fim de realizar a síntese verde das nanopartículas, a goma arábica foi utilizada como agente redutor e também agente estabilizante.

O procedimento padrão de síntese adotado foi: em um balão de fundo redondo, de 25 mL, foram adicionados 100 µL de uma solução de goma arábica (12 gL^{-1}), no qual acrescentou-se 350 µL de água destilada e por fim 350 µL da solução de nitrato de prata (3,5 mols/L-1) deixado em agitação por 15 minutos em banho de gelo. Os nanocompósitos obtidos foram caracterizados em espectroscopia na região UV-VIS e espalhamento dinâmico de luz.

Incorporação das nanopartículas na casquinha do pinhão: A deposição do nanocompósito (nanopartículas de prata estabilizadas na goma arábica) no farelo da casca de pinhão foi realizada por dois meios: pelo método drop, onde diferentes volumes do nanocompósito obtido conforme descrito anteriormente foram diretamente gotejados sobre 50 mg de farelo da casca de pinhão, ao abrigo da luz e submetidos a secagem sobre temperatura ambiente.

O outro foi adicionando 50mg de farelo junto ao meio de formação do nanocompósito, em agitação e banho de gelo, após isso a solução foi centrifugada, por 10 minutos a 15 000 rpm, o sobrenadante foi retirado e o precipitado de casquinha + nanocompósito foi separado e secado a temperatura ambiente. Posteriormente ele foi congelado e liofilizado, para seguir para analise. O material obtido foi analisado por microscopia eletrônica de varredura e por EDS.

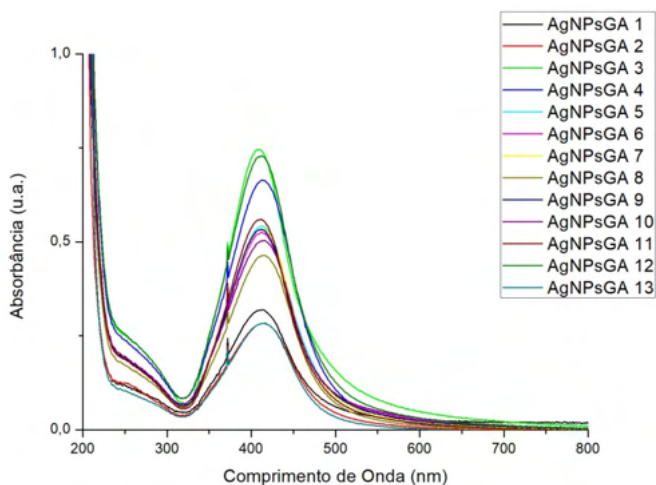
3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

De início os resultados obtidos foram da formação dos nanocompósitos inicias (nanopartículas de prata estabilizadas em goma arábica). As caracterizações foram realizadas por espectroscopia de UV-VIS onde é possível observar a formação das nanopartículas em todas as condições estudadas através do surgimento das bandas de absorbância em 412 nm, característica para nanopartículas de prata.

A observação desta banda também é realizada para se verificar a estabilidade das nanopartículas em solução (tendência à formação de aglomerados com o decorrer do tempo) assim como a maior concentração de nanopartículas formadas em solução. Através

então da análise dos espectros apresentados na figura 01 pode-se verificar que os ensaios 03 e 05 foram que os resultaram em bandas de absorção mais intensas.

Figura 01 - Espectros de UV-Vis das nanopartículas

Fonte: a autora.

Song (2009) estudaram a estabilidade das nanopartículas de prata em várias concentrações, observando seus espectros de absorção, e concluíram que à medida que se aumenta a proporção de agentes estabilizantes na solução, os picos de absorção ficam mais estreitos, indicando um menor diâmetro de nanopartícula.

O diâmetro médio aproximado das nanopartículas obtidas em cada condição experimental foi estimado por análises de DLS (figura 02). Assim foi possível observar melhores resultados para os ensaios 2 e 3, nos quais se registram valores de diâmetro inferiores a 50 nm. A análise conjunta desses dados nos permite concluir então que o ensaio número 3 é o que apresentou as melhores condições para a síntese de nanopartícula, considerando-se o menor diâmetro do nanocompósito obtido e a sua maior estabilidade em solução.

Experimento	Goma Arábica	Ag^+	Diâmetro (nm)
1	-	-	53,73
2	**+**	**-**	**34,02**
3	**-**	**+**	**41,06**
4	+	+	56,51
5	0	0	74,65
6	0	0	68,48
7	0	0	36,64
8	0	0	66,89
9	0	0	21,56
10	+	0	71,68
11	-	0	78,39
12	0	+	59,45
13	0	-	86,35

Tabela 02 – Resultados do DLS referente aos treze ensaios realizados.

Fonte: a autora.

Os primeiros ensaios de deposição foram realizados juntando o farelo junto ao meio, foram feitos para 50, 100 e 200 mg de farelo e o resultado obtido pode ser observado na figura 03. Destaca-se que somente foi possível observar a presença dos nanohíbridos nos ensaios realizados com 50 mg de farelo.

Nas amostras contendo 100 e 200 mg de farelo não foi possível observar a presença da prata e acredita-se que este fato se deve à elevada quantidade do substrato para uma possível baixa concentração de nanopartículas, sendo assim necessário realizar novos estudos aumentando-se o volume de solução de nanopartícula a ser depositada no farelo.

Os resultados de MEV também permitiram observar que os nanocompósito se depositaram de forma agrupada, prendendo-se principalmente as partes lisas, adotando um aspecto de roseta na superfície do substrato.

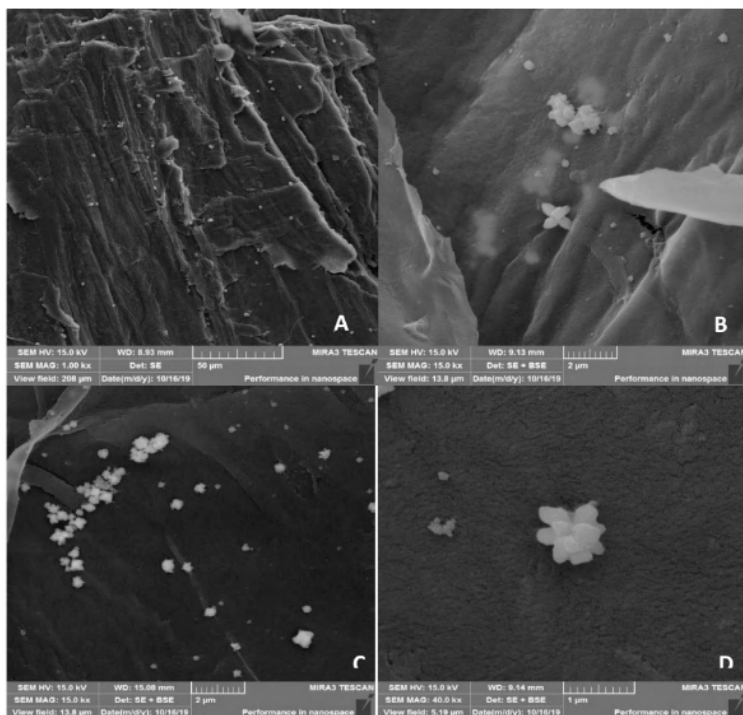



Figura 02 – Apresenta resultados observados no MEV

Fonte: a autora.

(A) Imagem controle, porosidade da casquinha (6kx). (B) e (C) Imagens das nanopartículas agrupadas (15kx). (D) Nanopartículas agrupadas (40kx).

O farelo impregnado com o nanohíbrido foi também submetido a análises por EDS, no intuito de se comprovar a natureza metálica do material depositado na superfície do farelo, sendo o resultado obtido apresentado nas figuras 3 e 4. Na figura 4 temos a espectroscopia de raios X por dispersão em energia, mostrando os picos de prata. Estas três análises de fato confirmaram a natureza das partículas depositadas como sendo prata.

_OINA.Reporting.Mustang.Placeholder.SpectrumEntity

Elemento	Wt%	Sigma Wt%
C	37,62	0,35
O	25,88	0,42
Ag	36,51	0,34
Total:	100	

Imagem de Elétrons 1

Espectro 1

2.5µm

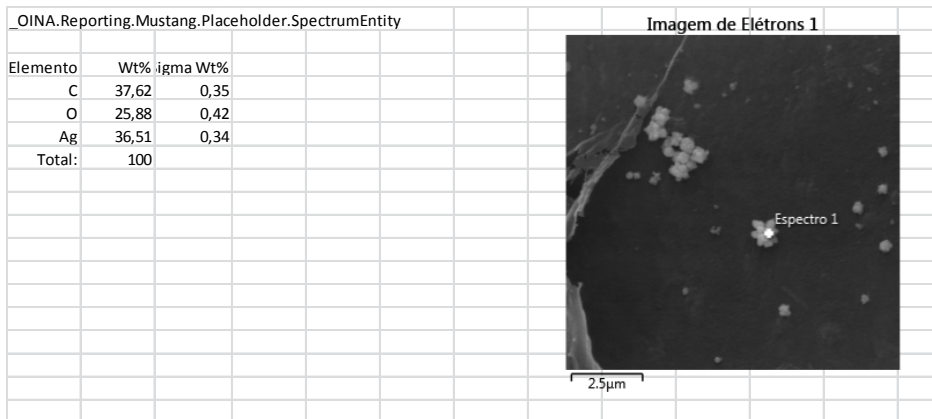



Figura 03 - região de análise elementar e caracterização química da amostra do nanocompósito.

Fonte: a autora.

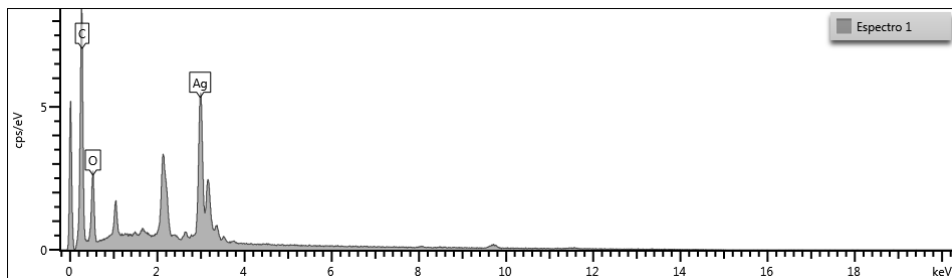



Figura 04 - Espectroscopia de raios X por dispersão em energia

Fonte: a autora.

É possível observar que o método de deposição do nanocompósito por drop resultou em uma distribuição mais homogênea na superfície do substrato, sem evidência de agregados. Análises de EDS (figura 05) também confirmaram a natureza metálica das nanopartículas.

Elemento	Wt%	Sigma Wt%
C	13,88	0,3
O	20,26	0,48
Na	0,95	0,07
Ag	64,91	0,48
Total:	100	

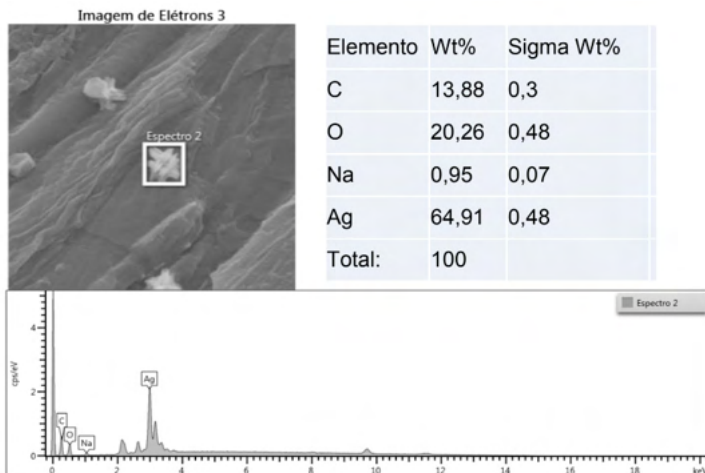



Figura 05: EDS das amostras realizadas por drop, demonstrando a natureza metálica das nanopartículas observadas na superfície do farelo da casca de pinhão.

Fonte: a autora.

Desta forma, podemos concluir que o farelo da casca do pinhão é um substrato satisfatório para a deposição do nanocompósito de prata e goma arábica, contudo a metodologia utilizada para a deposição, no caso, de adicionar o farelo da casquinha diretamente ao meio, resultou em pontos de aglomeração da prata na superfície do substrato.

JACOMETO (2017) em seu trabalho obteve nanopartículas de ouro utilizando o extrato da casca de romã como agente redutor, obtendo de acordo com análises de MEV, nanopartículas com um tamanho relativamente uniforme além de um formato esférico e um tamanho aproximado de 50nm. Sendo assim, a principal diferença nas nanopartículas obtidas em seu trabalho para este, é que o nanocompósito de prata e goma arábica, aderidas ao farelo da casca do pinhão não possui formato esférico, sendo mais retangular em formato estrelado, o que é aceitável para este experimento, sendo resultado de agregação.

4 I CONCLUSÃO

Como conclusão deste trabalho podemos afirmar que a síntese de nanopartículas de prata utilizando uma rota verde (uso da goma arábica como agente redutor e estabilizante) foi eficiente, foram obtidas nanopartículas de formato estrelado, o que indica uma possível agregação, mas apresentaram uma distribuição uniforme sobre a superfície das casquinhas do pinhão, aderindo melhor, principalmente pelo método de drop. Agradecimentos a Universidade Estadual de Ponta Grossa e Fundação Araucária pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

A DANKOVICH, T.A.; GRAY, D.G. (2011) Bactericidal Paper Impregnated with Silver Nanoparticles for Point-of-Use Water Treatment. **Environmental Science & Technology.** 45, 1992-1998.

FARAJI, A. H.; WIPF, P. Nanoparticles in cellular drug delivery. **Bioorgan**. Med. Chem. V. 17. P. 2950-2962. 2009.

Fonte H (28 de outubro de 2013). Nanotecnologia: uma história um pouco diferente. Ciência hoje. Disponível: <http://cienciahoje.org.br/artigo/nanotecnologia-uma-historia-um-pouco-diferente/ acessado em 25 de março 2020.

GULRAJANI, M. L., GUPTA, D., Emerging Techniques for Functional Finishing of Textiles, Indian Journal of Fibre & Textile Research, V. 36, P 388 – 397, 2011.

JACOMETO, W.H. Síntese de nanopartículas de prata a partir da romã (Punica granatum): Análises físico-química, antibacteriana e citotóxica. **Trabalho de Conclusão de Curso como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba.** Araçatuba, SP. 2017.

KIM, J. S. et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Nanomedicine: Nanotechnology, **Biology and Medicine**. p. 97-101. 2007.

LOPES, J.R; Síntese de nanopartículas de prata (NPs Ag) em soluções aquosas de fibroína de seda e gelatina. Dissertação de mestrado – Faculdade de engenharia mecânica da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2017.

MATSUSHITA, A.F.Y. Preparação e caracterização de nanopartículas de Ag e ZnO e incorporação em fibras de tecido de algodão. **Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Química Aplicada no programa de Pós**-Graduação em Química Aplicada da universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2014.

MONTEIRO, D.R. et al. The growing importance of materials that prevent microbial adhesion: antimicrobial effects of medical devices containing silver. **International Journal of Antimicrobial Agents**. P. 103 – 110, 2009.

REZENDE, S.C. Valorização da casca do pinhão, um subproduto da semente de Araucaria angustifolia, para produção de materiais poliméricos. **Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar**. Bragança,2016.

CAPÍTULO 11

ANÁLISE DO POTENCIAL DE DESENVOLVIMENTO DE FIBRAS TÊXTEIS A PARTIR DE AMIDO DE MILHO, REFORÇADAS COM RESÍDUOS DE ALGODÃO

Data de aceite: 01/12/2021

Aline Heloísa Rauh Harbs Konell
Campus Blumenau/Universidade Federal de Santa Catarina

Keyla Cristina Bicalho
Campus Blumenau/Universidade Federal de Santa Catarina

Ana Paula Serafini Immich Boemo
Campus Blumenau/Universidade Federal de Santa Catarina

Francisco Claudivan da Silva
Campus Blumenau/Universidade Federal de Santa Catarina

Catia Rosana Lange de Aguiar
Campus Blumenau/Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO: A indústria têxtil é hoje a segunda maior empregadora do Brasil, apresentando grande relevância na economia nacional. O setor movimenta grande quantidade de insumos e matérias-primas, e tem aumentado a produção com influência da tendência *fast fashion*, consequentemente gerando grandes quantidades de resíduos. A taxa de desperdício no setor de confecção de moda e vestuário chega a 15%. O presente estudo apresenta a biodegradabilidade de duas fibras têxteis, algodão e poliéster, analisadas em tecido plano e malha. A partir destes resultados, comprova-se que, enquanto fibras naturais, como algodão, são rapidamente degradadas em contato com o solo, fibras sintéticas, como o poliéster, não são degradadas com facilidade, e o desenvolvimento de alternativas a partir de fontes naturais renováveis é válido. Como alternativa, estuda-se a formação de polímeros a partir de amido de milho e batata, assim como suas propriedades e possibilidade de uso como fibra têxtil.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria têxtil. Biodegradabilidade. Alternativas Naturais.

ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT POTENTIAL OF TEXTILE FIBERS FROM MAIZE STARCH, REINFORCED WITH COTTON WASTE

ABSTRACT: The textile industry is today the second biggest employer in Brazil, presenting great relevance in national economy. The sector moves a big quantity of inputs and raw materials, and is increasing production influenced by the fast fashion trend, hence generating large quantities of waste. The wastage rate in clothing confection reaches 15%. The present study presents the biodegradability of two textile fibers, cotton and polyester, analyzed in knit and woven structures. From these results, it's proven that, while natural fibers, such as cotton, are rapidly degraded in touch with soil, synthetic fibers, such as polyester, don't degrade as easily, and the development of alternatives using renewable natural sources is valid. As alternative, the formation of polymers from corn and potato starch is studied, as are their properties and the possibility of use as textile fiber.

KEYWORDS: Textile industry. Biodegradability. Natural Alternatives.

1 I INTRODUÇÃO

A extração e uso excessivos de recursos naturais causam males ao meio ambiente como degradação do solo, poluição e seus efeitos, e tem gerado a necessidade de mudança na visão de zelo ambiental. Os recursos naturais disponíveis no meio ambiente podem se esgotar caso não forem utilizados de maneira consciente (LEITE, 2009). Este conceito tem gerado novas formas de produção e de consumo, que fazem parte do desenvolvimento sustentável.

A indústria do vestuário apresenta grande relevância econômica, e é responsável pelo consumo de grandes quantidades de matéria-prima. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT, 2013), o Brasil possui o quarto maior parque produtivo de confecção do mundo e é o quinto maior produtor têxtil. A geração de resíduos em empresas de confecção de moda e vestuário acontece diariamente (MCQUILLAN e RISSANEN, 2011), e a análise dos impactos ambientais destes é necessária. No Brasil, produz-se cerca de 175 mil toneladas de resíduo na indústria têxtil todos os anos, e cerca de 90% destes são descartados de maneira incorreta (SINDITÊXTIL, 2012). As práticas sustentáveis vêm sendo discutidas na indústria têxtil desde 1980, porém, apesar do apelo ambiental, do outro lado haviam diferentes tecnologias que poderiam aumentar o desempenho da indústria muito rapidamente.

Segundo a ABIT, em 2013, foram consumidas no Brasil 887 mil toneladas de algodão na produção têxtil, representando 60% do total de insumos consumidos, sendo, consequentemente, a fibra com maior produção de resíduos, ultrapassando 100 mil toneladas anuais. É de grande interesse da indústria o desenvolvimento de alternativas para o uso do resíduo de algodão. O poliéster por sua vez, representou 32% do consumo total de fibras na indústria brasileira, e o uso de seus resíduos também deve ser estudado. Segundo pesquisa realizada pela DEFRA (Department of Environment, Food and Rural Affairs, 2008), 1,1 milhão de toneladas de roupas são jogadas fora todos os anos na Inglaterra, e o Instituto de Cambridge estima que este valor seja ainda maior: 1,8 milhão de toneladas anuais. Segundo Machado e Leonel (2014), a decomposição de artigos de confecção é muito lenta, e contamina a superfície e as fontes de água.

Partindo deste princípio, este estudo tem como objetivo identificar o comportamento de fibras têxteis de origem natural, como o algodão, e sintética, como o poliéster, que compõem o vestuário quanto a sua biodegradabilidade, analisando seu impacto ambiental. Com base nestes resultados, comprova-se que fibras de origem sintética não degradam com facilidade, e estas devem ser descartadas com cuidado. Como alternativa, estuda-se desenvolver alternativas a partir de fontes naturais, como amido de milho, posteriormente analisando suas propriedades e possibilidade de uso como fibra têxtil.

De maneira a destinar parte dos resíduos de algodão da indústria têxtil, são desenvolvidos filamentos poliméricos com base de amido de milho, com adição de fibrilas

de algodão, resíduos do processo de fiação – produção do fio para uso em tecelagem ou malharia. Segundo Lu, Xiao e Xu (2009), combinando as vantagens individuais do amido e de outros polímeros, polímeros com base de amido e biodegradáveis têm grande potencial de aplicação para a área biomédica ou ambiental.

2 | METODOLOGIA

Biodegradação de Poliéster e Algodão

A análise do comportamento de degradação das fibras de poliéster e algodão foi realizada a partir de teste de biodegradabilidade, efetuado com base na norma ASTM G160- 12 (Standart Practice for Evaluating Microbial Susceptibility of Nonmetallic Materials by Laboratory Soil Burial). As amostras de algodão e poliéster, confeccionadas em geometria quadrada 10 cm x 10 cm, em estruturas de tecido plano, foram dispostas em solo controlado, por 60 dias, com retiradas para pesagem em 30, 45 e 60 dias. O percentual de biodegradação foi medido a partir da perda de massa das amostras em estudo, por meio da equação 1.

$$\%\ degradação = \frac{massa\ inicial - massa\ final}{massa\ inicial}\ x\ 100 \qquad \text{equação 1}$$

Desenvolvimento de Polímeros de Origem Natural Renovável

Como alternativa ao uso de matérias-primas sintéticas, estuda-se a utilização de biopolímeros de origem natural renovável, como fibras de amido de milho.

Os polímeros de amido de milho são obtidos pelo aquecimento de solução de 2,5 gramas amido em 16 mL de água até 90ºC em agitação, com adição de 4 mL de glicerina para formação de filmes resistentes, após secagem em estufa a 60ºC. A porcentagem adicionada de glicerina foi escolhida a partir da análise do comportamento físico do filme, em resposta à tração. Foram testadas amostras com 0%, 5%, 20% e 30% de glicerina. Adicionou-se a uma das misturas 2,5% de fibrilas de algodão (0,0625g).

Os testes de tração foram realizados com amostras de 4 cm x 2 cm de filme polimérico, em equipamento específico.

3 | RESULTADOS

Biodegradação de Poliéster e Algodão

Os resultados obtidos pelo teste de biodegradação das estruturas de algodão e poliéster foram compatíveis com a literatura disponível.

A biodegradabilidade de materiais depende da química polimérica e do ambiente

em que a amostra é colocada. Além de medir a perda de material, é necessário levar em conta outros fatores que podem influenciar o material e o ambiente, aumentando ou diminuindo a taxa de degradação do material (VAN DER ZEE, et. al., 1995).

Tempo (dias)	Algodão		Poliéster	
	Massa (g)	**Degradação (%)**	**Massa (g)**	**Degradação (%)**
0 dias	1,06 g	0%	0,88 g	0%
30 dias	0,07 g	93,40%	0,88 g	0%
45 dias	0 g	100%	0,88 g	0%
60 dias	0 g	100%	0,87 g	1,13%

Tabela 1: Resultados da Biodegradação de Algodão e Poliéster

As amostras de composição de algodão tiveram uma perda percentual de massa muito grande nos primeiros 30 dias do processo, chegando a 100% de perda antes de completar 45 dias em solo, conforme pode ser observado na Figura 1.

a

b

Figura 1: amostra de algodão em estrutura plana antes do teste de biodegradabilidade (a), amostra de algodão em estrutura plana após 30 dias (b).

A taxa de degradação de fibras celulósicas está diretamente relacionada com o nível de cristalinidade da fibra (DESAI E PANDEY, 1971). Normalmente fibras de algodão contam com um alto grau de polimerização, grupos hidroxila altamente reativos e a possibilidade de criação de pontes de hidrogênio com sua parte cristalina que representa 70% da fibra de algodão.

As amostras de poliéster não sofreram degradação. Não houve alteração de coloração nem dimensão, como pode ser notado nas Figura 2. Este comportamento pode ser explicado pela sua estrutura uniforme, que dificulta a danificação da molécula.

a b

Figura 2: amostra de poliéster em estrutura plana antes do teste de biodegradabilidade (a), amostra de poliéster em estrutura plana após 30 dias (b).

A fibra de poliéster possui uma cadeia sintética com repetições infinitas de um monômero com grupo éster em sua composição. Sua estrutura é muito uniforme, dificultando a entrada de bactérias e consequentemente a danificação da fibra (ARSHAD E MUJAHID, 2011).

Assim, quando descartadas, as fibras de origem sintética possuem um grande impacto ambiental, já que estas possuem degradação muito lenta, e acumulam-se na superfície da Terra. Por isto, é válido o desenvolvimento de biopolímeros de origem natural, biodegradáveis e sustentáveis, substituintes de fibras sintéticas. Estes biopolímeros podem ser desenvolvidos a partir de amidos.

Desenvolvimento de Polímeros de Origem Natural Renovável

Em laboratório, foram desenvolvidos biopolímeros de amido de milho com adição de 2,5% de fibras de algodão conforme metodologia citada. Como resultado, foram obtidos filmes poliméricos finos, conforme observado na Figura 3:

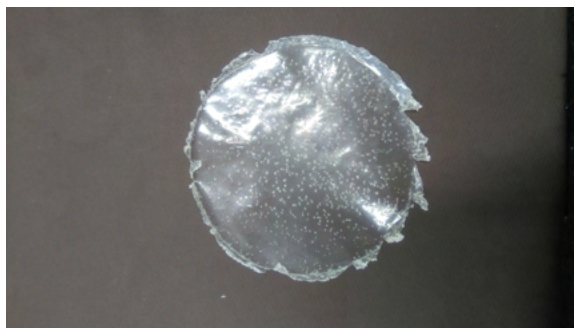



Figura 3: Filme polimérico de amido de milho

Em seguida, as amostras foram analisadas quanto a sua tração e seu módulo de elasticidade (módulo de Young) foi calculado para comparação com outros polímeros utilizados na produção têxtil. O resultado do teste de tração dos biopolímeros de amido de milho, sem adição de fibrilas de algodão, com glicerina em porcentagens entre 0 e 30% é observado na Figura 4:

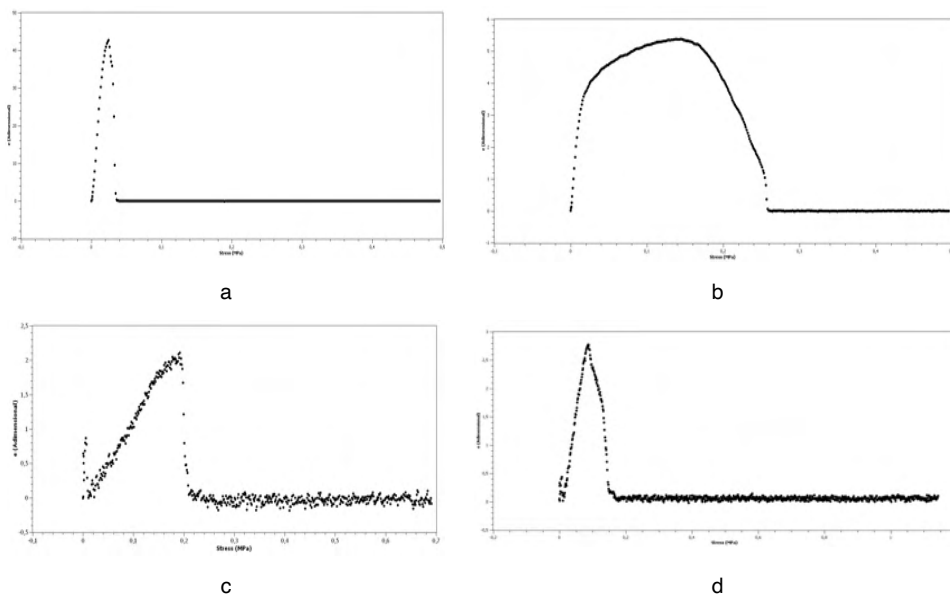



Figura 4: Gráficos Tensão x Deformação dos filmes com 0% de glicerina (a), 5% de glicerina (b), 20% de glicerina (c) e 30% de glicerina (d) sem adição de fibrilas de algodão.

A partir destes gráficos foram calculados os módulos de elasticidade ou módulo de Young destes filmes.

Amostra	**a** **0% Glicerina**	**b** **5% Glicerina**	**c** **20% Glicerina**	**d** **30% Glicerina**
Módulo de Young	2.257,33 MPa	259,40 MPa.	10,64 MPa.	32,86 MPa

O poliéster possui módulo de Young de aproximadamente 2060 MPa, e a poliamida 6,6 – fibra sintética muito utilizada na indústria do vestuário – possui módulo de Young de aproximadamente 1590 MPa (FLORAL e PETERS, 1991).

Apesar do resultado do polímero sem adição de glicerina ser mais parecido com o módulo de Young do poliéster, este não possuia características de flexibilidade necessárias para o desenvolvimento de filamentos, já que era ressecado e extremamente quebradiço,

sendo impossível seu manuseio sem danificação. O resultado baixo obtido com o polímero escolhido, com 20% de glicerina, significa que este tem baixa rigidez, e é mais flexível e moldável, características positivas para um material têxtil.

O resultado do teste de tração dos biopolímeros de amido de milho, com adição de fibrilas de algodão, com glicerina em porcentagem de 20% é observado na Figura 5:

a b

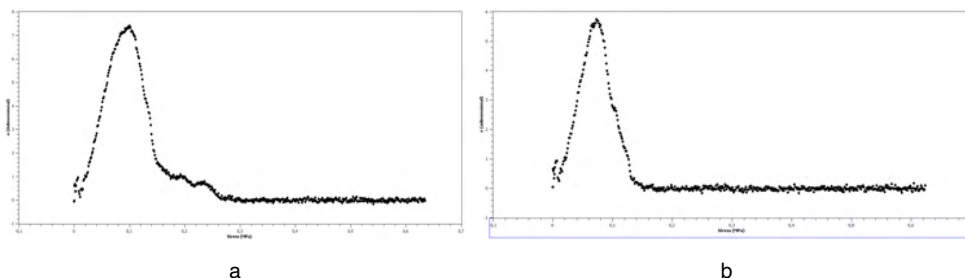



Figura 5: Gráficos Tensão x Deformação dos filmes com 20% de glicerina e adição de fibrilas de algodão. Amostra 1 (a), Amostra 2 (b).

Amostra	**a** **Amostra 1**	**b** **Amostra 2**
Módulo de Young	85,2 MPa	83,8 MPa

Analisando os resultados das amostras contando algodão, é possível perceber que a presença das fibrilas aumenta o módulo de Young do filme, tornando-o mais resistente à tração, mantendo a flexibilidade e maleabilidade da amostra sem a adição de fibrilas de algodão. Isto demonstra que a adição de fibrilas de algodão é válida, e auxilia o desempenho do polímero.

4 I CONCLUSÃO

Os resultados do estudo mostram que os artigos têxteis produzidos a partir de fibras celulósicas, como algodão, sofrem um processo de degradação em solo acelerado, o que indica um baixo impacto ambiental. Quando os tecidos produzidos com as fibras sintéticas, como poliéster, são avaliados, percebe-se que esta perda de massa praticamente não ocorre, indicando sua resistência na degradação por bactérias.

Partindo dos comportamentos de degradação identificados para as fibras têxteis, percebe-se que é necessário o desenvolvimento de alternativas ao uso de fibras sintéticas, além de possibilidades de reciclagem de resíduos da indústria. A pesquisa de fibras biodegradáveis vem crescendo com o aumento do apelo sustentável. Analisando os resultados do desenvolvimento de filamentos de polímero de amido de milho, com e sem adição de fibrilas de algodão, é possível perceber que há neste nicho muito potencial de

desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. **Perfil do Setor**. 2017. Disponível em http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor. Acesso em 27 de novembro de 2017.

MCQUILLAN, H. **Zero-waste pattern cutting process.** 2010. Disponível em: http://centerforpatterndesign.com/content/Zerowaste.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2015.

SINDITÊXTIL – SP – Sindicato das Indústrias de Fiação e Tecelagem do Estado de São Paulo. **Retalho Fashion – Projeto de Reciclagem une meio ambiente e inclusão social.** Ano VII n. 25, Julho de 2012. Disponível em http://www.sinditextilsp.org.br/jornal/sindi_25.pdf

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. 2008. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs>. Acesso em 27 de novembro de 2017.

MACHADO, P. e LEONEL, J. **Práticas de Reciclagem de Resíduos Têxteis: uma contribuição para a gestão ambiental no Brasil.** Porto Alegre, RS, v.7, n.1, p. 129-145, jan./jun. 2014.

LU, D. R.; XIAO, C. M.; XU, S. J. **Starch-based completely biodegradable polymer materials.** 2009. eXPRESS Polymer Letters Vol.3, No.6.

VAN DER ZEE, M., et. al., 1995. **Structure-biodegradation relationships of polymeric materials & Effect of degree of oxidation of carbohydrate polymers.** *Journal of Polymers and the Environment* 3(4), pp. 235-242.

DESAI, A.J. and PANDEY, S.N., 1971. **Microbial Degradation of Cellulose Textiles.** Journal of Scientific and Industrial Research, Vol. 30, pp. 598-606

ARSHAD, K., MUJAHID, M., 2011. **Biodegradation of Textile Materials.** The Swedish School of Textiles. University of Borås, pp. 11-13, 22-26, 44-48.

FLORAL, R. F. and PETERS, S. T. **Modern Plastic Encyclopedia**. 1991. The McGraw-Hill Companies, New York, NY.

CAPÍTULO 12

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOENERGIA POR BIODIGESTOR NA REGIÃO DE RIO VERDE – GO

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 20/09/2021

Ananda Ferreira de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Graduação em Engenharia Ambiental
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/4720132916541713

Amanda Angélica Rodrigues Paniago
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/1737132638477818

Moacir Fernando Cordeiro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/6948233477068508

Daniely Karen Matias Alves
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Graduação em Engenharia Ambiental
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/9113470547966736

Laís Alves Soares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Graduação em Engenharia Ambiental
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/6133917735093360

Rannaiany Teixeira Manso
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Graduação em Engenharia Ambiental
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/2248454393454469

Thalis Humberto Tiago
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Graduação em Engenharia Ambiental
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/8471731818088910

João Areis Ferreira Barbosa Júnior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Núcleo de Energias Renováveis (NER)
Rio Verde – GO
http://lattes.cnpq.br/4606641968444602

RESUMO: O Brasil tem se destacado no mercado mundial de suinocultura, o qual encontra-se em expansão. A busca por tecnologias e melhorias na produção tem sido fundamental nesse crescimento, aliado as responsabilidades na minimização dos impactos ambientais que acompanham à atividade, devido a grande produção de dejetos. Assim, a utilização dos biodigestores para o tratamento dos dejetos, bem como a utilização do biogás para geração de energia elétrica ocasiona uma redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é queimada a mistura composta por acentuada concentração de gás metano (CH4), cerca de vinte (20) vezes mais poluentes que o

dióxido de carbono (CO2), no que se refere ao efeito estufa. Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar o potencial de produção de bioenergia por biodigestores em propriedades rurais localizadas na região de Rio Verde – GO.
PALAVRAS-CHAVE: Biogás, digestão anaeróbia, dejetos suínos, energia renovável.

EVALUATION OF BIOENERGY GENERATION POTENTIAL BY BIODIGESTER IN THE RIO VERDE REGION – GO

ABSTRACT: Brazil stands out in the world swine market, and the search for technologies and improvements in production has been fundamental in this growth, together with the responsibilities in minimizing the environmental impacts that accompany the activity. Therefore, the use of biogas to generate electricity causes a reduction in the potential for environmental pollution, since the mixture composed of a marked concentration of methane gas (CH4) is burnt, about twenty (20) times more polluting than the carbon dioxide (CO2) in relation to the greenhouse effect. The present study aims to evaluate the bioenergy production potential of biodigesters in rural properties located in the region of Rio Verde – GO.
KEYWORDS: Biogas, anaerobic digestion, swine manure, renewable energy.

1 I INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo, além de se destacar no mercado mundial de suinocultura, sendo que a busca por tecnologias e melhorias na produção tem sido fundamental nesse crescimento, aliado as responsabilidades na minimização dos impactos ambientais que acompanham à atividade (STACHISSINI, 2014).

A suinocultura é classificada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM), pela deliberação COPAM 130/09, um empreendimento capaz de modificar o ambiente devido aos dejetos na criação. Isso se justifica pois este possui alto teor de matéria orgânica que, se lançado em córregos e rios, causa um grande aumento de microrganismos que utilizam este material como nutriente, reduzindo o oxigênio disponível, medido pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), para animais e plantas, poluindo as águas e contaminando o solo.

De acordo com Diesel et al. (2002), uma granja com aproximadamente 600 animais possui um poder poluente equivalente ao de cerca de 2100 pessoas, sendo que os diagnósticos indicam altos níveis de contaminação dos rios e lençóis freáticos, tanto no meio rural como no urbano. Assim existe a necessidade de investir e buscar novas tecnologias, para o tratamento dos dejetos de suinocultura (STACHISSINI, 2014).

O processo de digestão anaeróbia torna-se uma importante opção de tratamento de resíduos da suinocultura, em propriedades com criações de animais de modo confinado (SALOMON, 2007). Essa digestão do resíduo animal através do biodigestor resulta na produção de biogás, composto basicamente por metano (CH_4 – 60 a 70%) e dióxido de carbono (CO_2 – 30%) (BARICHELLO et al., 2015).

O aproveitamento dos dejetos sob a forma de biogás (metano) é apenas uma das vantagens da biodigestão anaeróbia, podendo citar outras como a redução de odores, eliminação de patógenos, redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), produção de biofertilizante, possibilidade de aproveitamento energético, baixa produção de lodo, baixos custos operacionais e de investimento e possibilidade de sistemas descentralizados de tratamento de dejetos (OLIVEIRA, 2004a).

Assim, o aproveitamento energético do biogás visa a melhoria do desempenho global do tratamento do dejeto suíno, reduzindo a emissão de gases do efeito estufa, colaborando para aumentar a eficiência energética da propriedade rural e, consequentemente, a sustentabilidade da produção (BARICHELLO et al., 2015).

Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo avaliar o potencial de produção de bioenergia por biodigestores em propriedades rurais localizadas na região de Rio Verde – GO.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O potencial de produção de bioenergia através de biogás foi realizado para uma granja de suinocultura do município de Rio Verde – GO que está situado no Sudoeste Goiano. Rio Verde é caracterizada por ser o grande polo produtor de suínos do Estado (Mapeamento da suinocultura brasileira, 2016) e conta com um total de 160 granjas em fase de terminação AGINTERP (Associação dos Granjeiros Integrados em Terminação da Perdigão), o que representa seu alto potencial para geração de bioenergia.

A realização da estimativa de produção de bioenergia por uma suinocultura de Rio Verde foi feita utilizando-se a metodologia de Prati (2010).

Para estimar a quantidade de dejetos produzidos em uma suinocultura da região de Rio Verde em um ano, analisou- se a quantidade de animais presentes, a mortalidade dos mesmos, a quantidade de dias de confinamento e a quantidade de dejetos gerados por cada animal em um dia Equação (1).

Dessa forma temos que:

$$D_{pa} = N_a.(1\text{-}M_o).\ D_{da}.\ N_{dc}.\ F_c \qquad (1)$$

Onde:

D_{pa}: Dejetos produzidos por ano (m³)

N_a: Número de animais por lote

M_o: Mortalidade (%)

D_{da}: Dejetos produzidos por dia por animais (m³)

N_{dc}: Número de dias de confinamento no ano (dias)

F_c: Fator de correção para incertezas

Levando em consideração que as granjas de suínos avaliados neste estudo são de ciclo de terminação, o número de dias de confinamento no ano é obtido pelo produto entre

o número de dias de confinamento por lote e o número de lotes anuais Equação (2).

$$N_{dc} = N_{dl} \,.\, L_a \quad (2)$$

Onde:

N_{dc}: Número de dias de confinamento no ano (dias)

N_{dl}: Número de dias de alojamento por lote (dias)

L_a: Número de lotes anuais

A produção de biogás, em biodigestores Modelo Canadense, que é o caso dos modelos existentes no Brasil, pode ser calculada levando-se em consideração a introdução diária de Sólidos Voláteis (SV). Eles são os responsáveis diretos por essa produção e são os substratos para as bactérias metanogênicas. No caso da suinocultura, os SV representam entre 70% a 75% dos Sólidos Totais, e a produção específica de biogás é de 0,45 m³/kg de SV, para temperaturas da biomassa variando entre 30°C e 35°C.

Estudos indicam que os limites de alimentação diária do biodigestor situam-se entre 55 a 65 kg de sólidos voláteis por m³ de biomassa com temperatura ideal de 35°C. Para estimar o volume de biogás gerado deve-se levar em consideração o produto do volume de sólidos totais presentes nos dejetos pelo Biogás gerado por kg de Sólidos voláteis Equação (3). Portanto:

$$V_{bg} = V_{sv} \,.\, B_{sv} \quad (3)$$

Onde:

V_{bg}: Volume de biogás gerado (m³)

B_{sv}: Biogás gerado por kg de Sólidos voláteis (m³/kg)

V_{sv}: Sólidos voláteis presentes nos dejetos (kg)

A quantificação de sólidos voláteis presentes nos dejetos de suínos é feita com base nos dejetos produzidos diariamente, nos sólidos totais presentes nos dejetos e na porcentagem de sólidos voláteis presentes nos sólidos totais Equação (4). Para se obter os dejetos de suínos produzidos diariamente é necessário dividir a quantidade de dejetos produzidos anualmente (D_{pa}) por 365. Portanto:

$$D_{pd} = \frac{D_{pa}}{365}$$

Onde:

D_{pd}: Dejetos produzidos diariamente (m³)

D_{pa}: Dejetos produzidos por ano (m³)

Assim temos:

$$V_{sv} = D_{pd} \,.\, V_{st} \,.\, P_{sv} \quad (4)$$

A avaliação de energia elétrica produzida pela granja anualmente deve ser estimada para que seja realizado a viabilidade de implantação do biodigestor. O potencial de geração de energia elétrica é obtido através do volume de biogás gerado anualmente, o poder calorífico do biogás, rendimento do motor e do gerador, conforme é estabelecido na

Equação (5). Portanto:

$$P_{ge} = \frac{V_{bg} \cdot P_{cb} \cdot R_{mt} \cdot R_{ge} \cdot F_c}{C_{kW}} \quad (5)$$

Onde:

P_{ge}: Potencial de geração de energia elétrica anual (kWh)

V_{bg}: Volume de biogás gerado (m^3)

P_{cb}: Poder calorífico do biogás (kCal)

R_{mt}: Rendimento do motor (%)

R_{ge}: Rendimento do gerador (%)

C_{kw}: Conversão de kcal para kWh

É possível, ainda, calcular a economia com energia elétrica da granja através da Equação (6):

$$E_{ee} = E_{ca}.C_{ee} \quad (6)$$

Onde:

E_{ee}: Economia com energia elétrica (R$/Ano)

E_{ca}: Energia elétrica consumida no ano (kWh/Ano)

C_{ee}: Custo da energia elétrica (R$/kWh)

A energia excedente (E_e) que a granja pode produzir e o lucro (L) que o produtor pode obter ao vender essa energia para a concessionária podem ser calculados pelas Equações (7) e (8), respectivamente:

$$E_e = P_{ge}.E_{ca} \quad (7)$$

Onde:

E_e: Energia excedente (kWh/Ano)

P_{ge}: Potencial de geração de energia (kWh/Ano)

E_{ca}: Energia elétrica consumida no ano (kWh/Ano)

$$L = E_e.C_{ee} \quad (8)$$

Onde:

L: Lucro (R$/Ano)

E_e: Energia excedente (kWh/Ano)

C_{ee}: Custo da energia elétrica (R$/kWh)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados fornecidos pela AGINTERP, 4.080 é o número médio de animais por lote das granjas de suínos em terminação de Rio Verde, com uma taxa de mortalidade de 3%. Esses animais produzem em média 0,0121 m³ de dejetos por dia, com alojamento de cerca de 127 dias cada lote, tendo aproximadamente 2,87 lotes por ano. Neste caso, adotou-se fator de correção para incertezas de 0,94. Dessa forma se pode

calcular o número de dias de confinamento através da Equação 2. Obteve-se 364,49 dias de confinamento onde, através da Equação 1, é possível calcular a quantidade de dejetos produzidos por ano, chegando a um valor de 16407,05 m³ de dejetos por ano.

Para este estudo adotou-se volume de sólidos totais de 60 kg/m³, produção específica de biogás de 0,45 m³/kg de Sólidos Voláteis e percentagem de sólidos voláteis de 73%. Para calcular o volume de biogás gerado leva-se em consideração o biogás gerado por kg de Sólidos Voláteis e o volume de sólidos voláteis presentes no dejeto. Dessa forma pode-se calcular a quantidade de dejetos produzidos diariamente, dividindo-se a produção anual por 365. O valor obtido nesse caso foi de 45 m³. O volume de sólidos voláteis é obtido através da Equação 4, cujo valor foi de 1971 kg.

A partir desses valores possibilitou-se calcular o volume de biogás gerado, pela Equação 3, obtendo um valor médio de 887 m³ de biogás.

Considerando que o consumo médio anual de energia elétrica das granjas de suínos em terminação de Rio Verde – GO é de 20.672 kWh/Ano. Este valor é restrito ao consumo de energia pelas instalações dos animais, excluindo-se eventuais instalações adicionais da propriedade, como sede e casa de funcionários por exemplo.

A composição típica do biogás é cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono e aminas voláteis, tendo poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura, podendo variar entre 5000 e 7000 kcal/m³.

Com base nisso, para calcular o potencial de geração de energia levou-se em consideração a adoção do poder calorífico de 6000 kcal/m³, 30% de rendimento do motor e 90% de rendimento do gerador, e assim, calculou-se o potencial através da Equação 5, obtendo um valor de 573940 kWh/Ano.

Como o consumo interno anual médio é de aproximadamente 20.672 kWh, o que corresponde a aproximadamente 4% do potencial de produção, uma propriedade terá um excedente de geração de energia elétrica de aproximadamente 553.268 kWh, com base nas informações consideradas.

A tarifa de energia elétrica para o fornecimento convencional rural é de R$ 0,396640 o kWh, e o consumo médio anual de energia elétrica de uma granja de terminação de suínos é de 20.672 kWh/ano. Logo, pode-se calcular a economia com energia elétrica da granja através da Equação 6, obtendo-se um valor de 8.063,00 reais/Ano.

Uma vez que um biodigestor de uma granja de Rio Verde tem capacidade para produzir cerca de 573.940 kWh/Ano de bioenergia, e o consumo de energia elétrica da mesma é de 20.672 kWh/Ano, obteve-se, pela Equação 7, a energia excedente que esta granja produzirá, sendo ele um valor de 553268 kWh/Ano. Se produtor rural vender a energia elétrica excedente produzida para a concessionária no valor de R$ 0, 712250 o kWh urbano, terá um lucro anual de cerca de 392.820,00 reais/Ano. Deve-se ressaltar, entretanto, que este lucro no balanço de energia, atualmente é considerado sob a forma

de compensação, produzindo um crédito de excedentes que pode ser utilizado em até 60 meses pelo consumidor, na própria propriedade, ou em qualquer outra pertencente ao mesmo. Além disso, existe ainda possibilidade do estabelecimento de um contrato para o fornecimento desse excedente para um condomínio de consumidores.

Diante dos resultados, verifica-se que em média, uma granja de Rio Verde tem grande potencial de produção de biogás, logo, ampla capacidade de produção de energia elétrica. Embora seu consumo de energia elétrica seja pequeno em termos de instalações para os animais, ela gera uma economia de cerca de R$ 8.000,00/ano. Ainda assim, é viável, em termos de rendimento, a instalação de biodigestor para aproveitamento energético, uma vez que essa energia excedente pode ser vendida à concessionária, obtendo um lucro médio com essa venda de cerca de R$ 392.820,00/Ano.

Esses valores podem variar de acordo com o porte da produção da propriedade, uma vez que para este estudo foram adotados dados médios da região.

4 I CONCLUSÃO

A geração de energia elétrica através da implantação de biodigestores produz energia limpa e renovável. Além disso, contribui para o tratamento dos dejetos suínos, reduzindo os impactos gerados pelo mesmo no meio ambiente.

O modelo de geração distribuída a partir do biogás é tecnicamente viável e contribui para o desenvolvimento da propriedade rural, principalmente no aspecto financeiro. Apesar disso, o lucro obtido por uma propriedade é muito variável, pois depende da quantidade de energia que a propriedade consome e o porte da granja. Portanto, a produção em média de energia por uma propriedade, que possui granja de suínos de terminação na região de Rio Verde, resulta significativamente na diminuição dos custos referente a aquisição de energia elétrica oriunda da concessionária, podendo também gerar uma renda extra ao proprietário, uma vez que o lucro médio do excedente de energia produzido é de cerca de R$ 392.820,00/Ano.

AGRADECIMENTO

Ao IF Goiano, pelo apoio a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABIPECS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Disponível em:< http://data.novo.gessulli.com.br/file/2012/05/09/E142914-F00001-X544.pdf >. Acesso em: 17 novembro de 2017.

BARICHELLO, R.; HOFFMANN, R.; da SILVA, S. O. C.; DEIMLING, M. F.; CASAROTTO FILHO, N. O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região noroeste do rio grande do sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 333, 2015.

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa n. 130 de 14 de janeiro de 2009. Altera os artigos 1º e 5º e a Listagem G – Atividades Agrossilvipastoris do Anexo Único da Deliberação Normativa Copam n. 74, de 9 de setembro de 2004, e dá outras providências. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9051, Acessado em: 13 novembro de 2017.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C.; **Coletânea de tecnologia sobre dejetos suínos.** Concórdia EMBRAPA, 2002 31p. EMBRAPACNPSA. Documentos, 14. Disponível em:< http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2017

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. In: OLIVEIRA, P. A. V. de et al. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: Manual de boas práticas**. Concórdia: Gestão Integrada de Ativos Ambientais, 2004a. Cap. 4, p. 42-55.

PRATI, L. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por Biodigestores**. Monografia do Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, 2010.

SALOMON, K. R. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**. 2007. 247f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

STACHISSINI, M. G. **Estudo sobre a implantação de um sistema biodigestor em uma propriedade rural em Mamborê - PR**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

CAPÍTULO 13

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CERÂMICAS E A REDUÇÃO DO USO DE LENHA DA CAATINGA

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 07/11/2021

Magda Marinho Braga
Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará
Fortaleza – Ceará
http://lattes.cnpq.br/1055790573480220

Mônica Carvalho Freitas
Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará
Fortaleza – Ceará
http://lattes.cnpq.br/2784264343057018

RESUMO: O Nordeste brasileiro tem como uma de suas principais fontes de energia, o uso da lenha que, por falta de fontes sustentáveis gera grande impacto ao bioma Caatinga pelo desmatamento ilegal. A indústria ceramista nordestina utiliza a lenha em 50% da sua fonte de energia. Entretanto, apesar da significância econômica e da simplicidade na elaboração dos artefatos, a falta de um padrão de produção e de orientação técnica especializada existe uma sensível perda de matéria prima e energia devido aos métodos ineficientes aplicados. O presente estudo vem demonstrar os resultados obtidos após capacitação e assistência técnica às cerâmicas do Baixo Jaguaribe objetivando o aumento da eficiência energética das mesmas.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria Cerâmica; Lenha; Eficiência Energética.

ENERGY EFFICIENCY IN CERAMICS AND THE CAATINGA FIREWOOD USE REDUCTION

ABSTRACT: The Brazilian Northeast has as one of its main sources of energy, the use of firewood that, due to a lack of sustainable sources, has a great impact on the Caatinga biome due to illegal deforestation. The Northeastern ceramist industry uses wood in 50% of its energy source. However, in spite of the economic significance and simplicity in the elaboration of the artifacts, the lack of a production standard and specialized technical orientation there is a sensible loss of raw material and energy due to the inefficient methods applied. The present study shows the results obtained after training and technical assistance to the Baixo Jaguaribe ceramics aiming to increase their energy efficiency.

KEYWORDS: Ceramics Industry; Firewood; Energy Efficiency.

1 I INTRODUÇÃO

A lenha é uma das mais antigas fontes de energia utilizada pelo homem (Mendes; Paula, 2012). Seu uso se deu inicialmente para o aquecimento e o preparo de comida, e posteriormente, como combustível para a geração de energia térmica, elétrica e mecânica (Brito, 2007). Segundo estudos, mais da metade da biomassa florestal consumida no mundo é destinada a geração de energia, sendo a lenha e o carvão vegetal os combustíveis oriundos da madeira mais utilizados em várias regiões do

planeta (Brito; Cintra, 2004).

Segundo o último Balanço Energético Nacional publicado em 2016 pela Empresa de Pesquisa Energética, vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME, a lenha foi responsável por cerca de 8,6% da energia primária produzida no Brasil, gerando mais de 24.500 10^3 tep (tonelada equivalente de petróleo) em 2015 (Brasil, 2016).

Contudo, um dos grandes impactos provocados pelo consumo de lenha está relacionado ao desmatamento da floresta nativa, já que a principal fonte de fornecimento dessa lenha é a vegetação nativa, no caso do Nordeste, a Caatinga (Aragão et al., 2008).

1.1 Desmatamento para geração de energia na Caatinga

Atualmente o desmatamento atinge o nível de 46% da área total do Bioma, e sua principal causa é a retirada de madeira para consumo de lenha nativa, realizado de forma ilegal e insustentável, para indústrias e comércio, seguido do sobrepastoreio e a conversão do solo para pastagens e agricultura (MMA, 2017).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a matriz energética de lenha do Nordeste brasileiro chega a 30% e o corte de madeira chega a empregar cerca de 700 mil pessoas e é tida como umas das principais atividades econômicas. As demandas do mercado de lenha são supridas, em sua maioria, cerca de 95%, por uma forma exploratória não sustentável gerando sérios danos ambientais e à biodiversidade.

Como alternativas à degradação da Caatinga, devem ser estudadas e incentivadas formas sustentáveis de utilização e geração de produtos florestais que possam suprir a demanda do mercado energético sem gerar danos à biodiversidade.

O conhecimento qualitativo de madeiras da Caatinga pode contribui à eficiência energética quando utilizadas matrizes florestais para geração de energia, através do uso de lenha e carvão (Paula, 1993).

Além dos danos ambientais, é reconhecido que o uso tradicional (comercial e domiciliar) da biomassa gera emissões de gases de efeito estufa quando feito de forma não sustentável. Quanto ao uso de matriz energética de origem florestal, surgem como as duas principais alternativas o uso sustentável e os plantios florestais. Pelo potencial de produção, pela adaptação e tolerância às secas, além do baixo custo de implementação, o manejo sustentável tem mais vantagens dentro da realidade nordestina (Riegelhaupt, 2010).

Considerando que os energéticos florestais são necessários vale perguntar porque as atuais políticas públicas ambientais não priorizam o manejo florestal sustentável como fonte de geração de energia, proteção aos recursos naturais e geração de renda.

1.2 A Indústria Cerâmica e o Uso de Lenha

O maior consumidor de lenha no país é a indústria de transformação que converte a lenha em carvão para ser utilizada em outros setores, seguido pelo consumo residencial e, em terceiro lugar está o setor industrial, principalmente, o de alimentos e bebidas e

o de cerâmicas (Mendes; Paula, 2012). Esses três são responsáveis por mais de 60% do consumo de lenha do país (Brito; Cintra, 2004). Entre 2006 e 2015 cerca de 50% da energia consumida pelo setor cerâmico teve como origem a lenha, seguida pelo gás natural, conforme Quadro 1 abaixo (Brasil, 2016):

Fontes (%) / Ano	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Lenha	49,9	49,1	50,6	50,4	50,7	50,5	51,2	51,9	52,3	50,1
Gás natural	25,5	25	24,0	23,7	25,4	27,3	27,4	26,7	26,4	28,7
Óleo combustível	8,1	8,1	7,7	7,8	6,6	2,6	2,3	2,5	2,0	1,3
Eletricidade	7,8	7,4	7,1	7,3	7,1	7,2	7,5	7,5	7,4	7,3
Outras	8,7	10,4	10,6	10,8	10,1	12,3	11,6	11,4	11,9	12,6

Tabela 1 - Fontes de energia do setor cerâmico

Fonte: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf.

A indústria cerâmica é um setor de significativa importância para o país (Vale et al., 2006). Ela equivale a 1% do PIB do país e é dividida em diversos segmentos (Aragão et al., 2008). O principal deles é a indústria cerâmica silicática de base argilosa (ou tradicional), e sua classificação leva em consideração o tipo de produto que ela fabrica e a matéria prima que utiliza, sendo dividida em três setores conforme Quadro 1 abaixo (Sebrae, 2008):

Setor	Produtos
Cerâmica Vermelha	Blocos, lajes, telhas e agregados leves.
Cerâmica Banca	Grês sanitário, porcelana mesa, porcelana elétrica e faiança.
Revestimentos	Pisos rústicos, pisos via seca, azulejo, piso gresificado e grês porcelânico.

Quadro 1 - Setores cerâmicos e seus produtos

Fonte: http://docplayer.com.br/2786168-Ceramica-vermelha-estudos-de-mercado-sebrae-espm-2008-relatorio-completo.html

O setor de cerâmica vermelha no Brasil se caracteriza por ser constituído principalmente, de pequenas e médias empresas espalhadas em diversos estados do país e próxima de seus mercados consumidores e das jazidas de matéria prima (Prado; Bressiani, 2013).

A maioria das empresas possui uma estrutura simples e familiar sem grandes aparatos tecnológicos (Bustamante; Bressiani, 2000) que produzem tijolos furados, tijolos maciços e telhas tendo como principal fonte de energia a lenha, queimada em fornos para a produção dos artefatos cerâmicos (Messias, 1996). Outro material utilizado nas cerâmicas, além da lenha nativa, são os resíduos de madeira, como: cavaco, serragem e briquetes (Filho; Bezerra, 2010).

O Brasil possui importantes jazidas de minerais que são usados na fabricação de cerâmicas, cuja produção está concentrada principalmente nas regiões sudeste e sul, onde estão localizados os maiores polos cerâmicos do país (Nunes; Rezende, 2013).

Segundo dados da Associação Nacional da Indústria Cerâmica. – ANICER (2008), o setor de cerâmica vermelha corresponde a 4,8% da indústria da construção civil no país, com faturamento anual de R$ 18 bilhões de reais e gerando quase 300 mil empregos diretos e 900 mil indiretos.

O Nordeste produz aproximadamente, 21% da cerâmica fabricada no país e os maiores produtores são os estados do Ceará, Bahia e Pernambuco, sendo os dois primeiros responsáveis por quase a metade de toda a produção de cerâmica vermelha do Nordeste (Filho; Bezerra, 2010). O Ceará é o estado com o maior número de empresas registradas, sendo 254 empresas, seguido pela Bahia com 227, conforme Quadro 2 abaixo (Brasil, 2017):

Estado	**Nº de Empresas**
Ceará	254
Bahia	227
Rio Grande do Norte	162
Pernambuco	103
Maranhão	82
Paraíba	57
Sergipe	57
Piauí	42
Alagoas	19

Quadro 2 – Número de empresas de cerâmica vermelha por estado

Fonte: Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos, 2017.

A fabricação dos artefatos cerâmicos é relativamente simples e envolve os seguintes passos mostrados na Figura 1 (Vale et al., 2006):

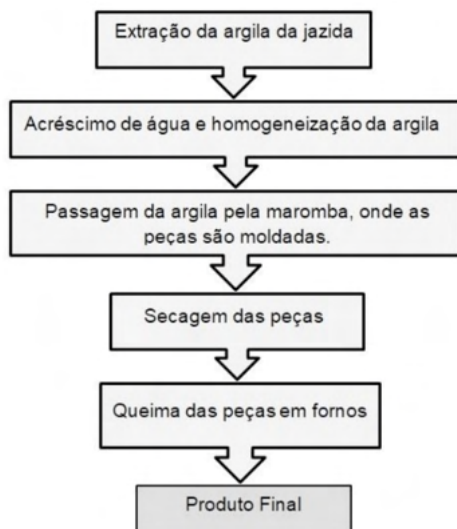



Figura 1 - Etapas da fabricação de artefatos cerâmicos

(Fonte: Vale et al., 2006)

A escolha do melhor forno pela empresa depende da eficiência de produção desejada, do combustível utilizado e do investimento necessário (NUNES; Rezende, 2013). Os fornos podem ser classificados em intermitentes e contínuos, conforme Quadro 3 abaixo que mostra os fornos mais utilizados no país (Nunes; Rezende, 2013):

Fornos Intermitentes	**Vantagens**	**Desvantagens**
Forno Caieira	Baixo custo de implantação.	Produtividade baixa; Qualidade inferior do produto; Alto percentual de perdas; Alto custo de produção.
Forno Paulistinha (retangular)	Menor investimento; Fácil construção e operação.	Queima irregular, com variações de temperatura no interior do forno; Apresenta lentidão no aquecimento e resfriamento.
Forno Abóboda ou Redondo	Fácil construção e operação; Bom desempenho com qualquer tipo de combustível.	Ausência de controle de registro; Alta velocidade de aquecimento.
Forno Vagão	Maior produtividade; Fácil construção e operação; Melhores condições de trabalho ao funcionário.	Deficiências durante a queima; Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.
Forno Metálico	Melhor isolamento térmico; Maior produtividade; Fácil construção e operação; Melhores condições de trabalho do funcionário.	Custo de implantação superior ao Forno Vagão; Deficiências durante a queima; Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.

Fornos Contínuos	Vantagens	Desvantagens
Forno Hoffmann	Bom rendimento energético; Fácil operação e boa produtividade.	Elevado custo de construção; Requeima na soleira e falta de queima na abóboda; Vazamento nos canais;
Forno Túnel	Moderno e eficiente no consumo de energia; Fácil operação de carga e descarga; Fácil automação.	Elevado investimento; Exige um volume de produção contínuo; Exige grande conhecimento técnico para sua operação; Resfriamento rápido, responsável por trincas e choque térmico nos produtos.

Quadro 3 – Tipos de fornos e suas vantagens e desvantagens

Fonte: Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha, 2013.

A maioria dos fornos utilizados nas cerâmicas é do tipo intermitente de chama invertida (*down draft*) que são basicamente câmaras com paredes e tetos em forma de abóboda construídos em alvenaria de tijolos (Messias, 1996). Apesar do custo de aquisição da lenha ter se elevado nos últimos anos por conta do aumento da distância dos locais de extração, ela ainda é um combustível financeiramente viável se comparado a outros, já que o custo aproximado de uma fornada de 8 mil tijolos com o uso da lenha é de R$ 200,00 enquanto que a mesma fornada usando-se gás natural custa R$ 400,00 (Vale et al., 2006).

Em várias indústrias os fornos e métodos de trabalho são antigos e não possuem um padrão, pois vão sendo adquiridos ao longo dos anos com a prática, muitas vezes sem nenhuma orientação técnica profissional (Messias, 1996). Isso acaba promovendo um consumo maior da lenha e um maior desperdício de peças, já que a qualidade das mesmas se perde no processo de queima deficiente (Vale et al., 2006).

No entanto, algumas medidas podem ser adotadas no intuito de conservar o calor e a energia dentro dos fornos por mais tempo como, por exemplo: Instalação de portas nas fornalhas e cinzeiros, instalação de indicadores de temperatura, alteração na recuperação de ar de resfriamento e isolamento externo da abóboda (Messias, 1996).

2 | METODOLOGIA

O método aplicado neste trabalho consistiu em visitas a campo com aplicação de questionário, visando obter informações referentes ao processo utilizado para a fabricação dos artefatos cerâmicos nas empresas objeto do estudo.

O presente trabalho foi realizado em 120 indústrias cerâmicas de sete municípios da região do Baixo Jaguaribe/CE: Alto Santo, Aracati, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Quixeré, Russas e Tabuleiro do Norte. Ao longo de quatro meses essas empresas receberam 480 horas de assistência técnica e 32 horas de capacitação em sala de aula, que tinham como foco a utilização racional dos recursos naturais e a implementação de práticas

ambientalmente corretas.

Durante a assistência técnica foram fornecidas orientações especializadas com foco na melhoria dos processos produtivos e eficiência energética às empresas envolvendo a seguintes atividades:

- Diagnóstico do setor identificando os principais problemas de cada empresa visitada;
- Regulagem de boquilha com um equipamento a laser específico para tal finalidade;
- Treinamentos dos colaboradores para melhor execução do processo de extrusão;
- Mudar o modelo do embudo visando melhoria na produtividade;
- Orientações para melhorar o processo de secagem e queima dos artefatos cerâmicos;
- Colocar barracão com lona plástica, visando maior produtividade na secagem;
- Colocar sistema de ventilação lateral na estufa, visando maior produtividade;
- Colocar ventiladores e telhas transparentes no setor de secagem natural;
- Colocar sopradores nas fornalhas para aumentar o poder calorífico do combustível, visando maior economia e eficiência energética;
- Reduzir o volume de lenha nas fornalhas visando maior eficiência energética e menor consumo;
- Colocar deprimômetro na chaminé, visando maior economia de combustível.

Para auxiliar na capacitação foi distribuída a cartilha "Eficiência Energética: boas práticas de industrialização" que continha todo o embasamento técnico do que estava sendo trabalhado durante as visitas nas empresas, abordando três fases do processo de fabricação da cerâmica: processo de extrusão, sistema de secagem e sistema de queima.

Os colaboradores que participaram das atividades de capacitação e assistência técnica pertenciam a diversos setores da indústria, desde a área operacional passando pelo administrativo, incluindo muitas vezes o próprio dono da empresa.

3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

Antes da realização das assistências técnicas e capacitações a situação encontrada nas 120 indústrias cerâmicas está descrita na Tabela 2 abaixo:

Problema encontrado	Cerâmicas (%)
Elevado índice de perda no processo de extrusão	90
Perdas no processo de secagem	95
Elevado índice de perda no processo de queima	90
Consumo de combustível por milheiro não compatível com o forno utilizado	100
Falta de conhecimento técnico em todos os processos	95

Tabela 2 – Principais problemas encontrados nas indústrias cerâmicas

Fonte: Elaborado pelo autor

O consumo médio de lenha encontrado nas cerâmicas no início do projeto está mostrado na Tabela 3 abaixo:

Tipo de forno	Consumo de lenha por milheiro (m^3)
Forno paulista	5,2
Forno semicontínuo	2,1
Forno de câmara	2,3
Forno abóboda	3,7

Tabela 3 – Consumo médio de lenha por tipo de forno antes das ações do projeto

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a realização das capacitações e assistências técnicas, foi obtida uma redução total média de 57,8% no consumo de lenha, conforme os resultados mostrados na Tabela 4:

Tipo de forno	Consumo de lenha por milheiro (m^3)
Forno paulista	2,6
Forno semicontínuo	1,4
Forno de câmara	1,6
Forno abóboda	2,1

Tabela 4 - Consumo médio de lenha por tipo de forno depois das ações do projeto

Fonte: Elaborado pelo autor

4 I CONCLUSÃO

As indústrias cerâmicas que foram trabalhadas possuem características de produção bastante semelhantes, visto que os problemas listados na Tabela 2 foram encontrados em mais de 90% das empresas. Tais problemas demonstram que há uma grande ausência de conhecimento técnico por parte dos funcionários das cerâmicas que foram aprendendo seus ofícios de forma empírica e muitas vezes sem nenhum treinamento formal.

Essa falta de conhecimento leva a má utilização de insumos, como por exemplo, a lenha, que durante o processo de queima era colocada nos fornos em quantidade acima do necessário, levando ao aumento nos gastos das empresas e na retirada dessa matéria prima do ambiente natural.

Entretanto, o projeto mostrou que essa realidade pode ser alterada com a adoção de medidas simples, envolvendo o treinamento da equipe de colaboradores e pequenos ajustes nos fornos de maneira que a lenha possa ser alojada de maneira mais eficaz, produzindo mais calor e consequentemente aumentando a eficiência energética dos fornos.

Esse trabalho permite a redução não apenas do volume de lenha utilizado e dos custos da empresa, mas também diminui o impacto que a extração dessa matéria prima tem no meio ambiente em que ela está inserida, que no caso do Nordeste é a já tão devastada Caatinga.

REFERÊNCIAS

Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER. (2008). **Dados do setor.** Rio de Janeiro. Disponível em:<http://anicer.com.br/setor/>. Acesso em: 06 de julho de 2017.

Aragão, F.M.; Gomes, L.J.; Nogueira, M.; Ribeiro, G.T. (2008). **Caracterização do consumo de lenha pela atividade cerâmica, nos municípios de Itabaiana, Itabaianinha e Umbaúba-SE**. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, ano 7, n.12.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. (2017). **Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos.** Brasília. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1732813/ANU%C3%81RIO+N%C3%83O-METALICOS+2017_27.07.2017.pdf/8a777f0f-3f3c-4f03-85de-8fa783f2813c>. Acesso em: 28 de julho de 2017.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Bioma Caatinga**. Disponível em: < http://mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acesso em: 10 de agosto de 2017.

Brasil. (2016). Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanço energético nacional 2016: Ano base 2015**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2017.

Brito, J. O. (2007). **O uso energético da madeira**. Piracicaba. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a14v2159.pdf>. Acesso em: 09 de julho de 2015.

Brito, J. O.; CINTRA, T. C. (2004). **Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demandas de ações**. Biomassa & Energia, v. 1, n. 2.

Bustamante, G. M.; Bressiani, J. C. (2000). **A indústria cerâmica brasileira.** Cerâmica Industrial, v. 5, n. 3.

Filho, L. L. R.; Bezerra, F. B. (2010). **Informe Setorial Cerâmica Vermelha.** Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. Fortaleza. Disponível em: <http://www.banconordeste.gov.br/documents/88765/89729/ano4_n21_informe_setorial_ceramica_vermelha.pdf/66eb35dc-dd49-420d-a921-26e9efc320d9>. Acesso em: 03 de julho de 2017.

Mendes, G. F.; Paula, N.F. (2012). **Utilização de madeira para produção de energia no Município de Jaboticabal - SP**. Ciência & Tecnologia. Jaboticabal: v. 4.

Messias, L.S. (1996). **Recuperação de Gases Quentes em Fornos Intermitentes. Aplicação na Indústria de Cerâmica Estrutural**. Cerâmica Industrial. São Paulo.

Nunes, A. C. N; Resende, S. S. (2013). **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha.** Belo Horizonte. Disponível em:< http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_ceramica.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2017.

Paula, J.E.M. (1993). **Madeiras da Caatinga úteis para produção de energia**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 28.

Prado, U. S.; Bressiani, J. C. (2013). **Panorama da Indústria Cerâmica na Última Década**. Cerâmica Industrial, v. 18.

Riegelhaupt, E. M.; Pareyn, F. G. C. (2010). **Uso sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília

SEBRAE. (2008). Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cerâmica Vermelha.** Estudos de Mercado SEBRAE/ESPM 2008. Relatório Completo. Disponível em:< http://docplayer.com.br/2786168-Ceramica-vermelha-estudos-de-mercado-sebrae-espm-2008-relatorio-completo.html>. Acesso em: 05 de julho de 2017.

Vale, S. A. L.; Varela, M.; Dutra, R.; Nascimento, R.; Paskocimas, C.; Formiga, F. *A.* (2006). **Minimização dos impactos ambientais causados pela produção de cerâmica vermelha com utilização da análise racional para formulação de massa.** Cerâmica Industrial. v. 11.

CAPÍTULO 14

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DURANTE EPISÓDIOS CRÍTICOS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE/ RS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 06/09/2021

Amaranta Sant'ana Nodari
Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre - FDB
Porto Alegre/RS

Claudinéia Brazil Saldanha
Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre - FDB
Porto Alegre/RS

RESUMO: A poluição do ar é um problema grave e crescente. Os centros urbanos são os que mais sofrem com as consequências da má qualidade do ar e seus efeitos sobre a saúde pública. Pesquisas recentes da UFCSPA indicam que o ar de Porto Alegre contém, em média, o dobro de poluentes recomendados pelos padrões internacionais. O material particulado (MP_{10}), poluente que vem prejudicando silenciosamente a saúde dos gaúchos, é oriundo da queima do combustível, de carros e veículos pesados. Diante deste cenário, fez-se uma análise das condições meteorológicas durante os episódios críticos de poluição do ar em Porto Alegre, relativos ao poluente atmosférico MP_{10}. A análise estatística dos dados foi feita a partir do agrupamento de variáveis, análise de cluster. Os dados da qualidade do ar foram fornecidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Compararam-se as concentrações diárias no período de 2002 a 2006 da estação fixa localizada em frente à Rodoviária de Porto Alegre/RS aos níveis estabelecidos pelo padrão de qualidade do ar vigente no Brasil (Resolução CONAMA nº 03, de 28/06/1990). Observou-se que as variáveis meteorológicas que influenciam nas concentrações de MP_{10} na área de estudo são: a velocidade do vento, a temperatura do ar e as direções do vento norte-leste. As maiores concentrações de MP_{10} ocorreram em dias quentes e com pouco vento. Foi durante o inverno, em quase sua totalidade, que ocorreram episódios críticos, com alguns casos no outono e somente um no verão.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição atmosférica, material particulado (MP_{10}), padrão de qualidade do ar, episódios críticos de poluição do ar, variáveis meteorológicas.

ANALYSIS OF WEATHER CONDITIONS DURING CRITICAL EPISODES OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE CITY OF PORTO ALEGRE/RS

ABSTRACT: Air pollution is a serious and growing problem. The main urban centers are the ones who suffer most from the consequences of poor air quality and its effects on human health, ecosystems and materials. UFCSPA recent research indicates that air of Porto Alegre contains, on average, twice as many pollutants recommended by international standards. The inhalable particulate material (MP_{10}), a pollutant that has quietly damaging the health of the people borned in Rio Grande do Sul, starts with the burnable fuel, cars and trucks. Therefore, there was an analysis of the weather conditions during the critical episodes of air pollution in Porto

Alegre, for the MP_{10} air pollutant. The statistical analysis was made from the variable grouping, cluster analysis. Data from air quality were provided by Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) and Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Daily concentrations were compared in the period 2002 to 2006 at air pollution control station located opposite the bus station in Porto Alegre/RS at the levels set by the standard of quality of the air current in Brazil (Resolução CONAMA nº 03, de 28/06/1990). It was observed that the climate variables which influence the concentrations of MP_{10} in the study area are: a wind speed, air temperature and the wind direction north-east. The highest MP_{10} concentrations occurred on hot and not breezy days. As seasonality, it was in the winter time, almost entirely, which occurred critical episodes, with some cases in the fall and only one in the summer.
KEYWORDS: Air pollution, particulate material (MP_{10}), critical episodes of air pollution, meteorological variables.

1 I INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a poluição do ar é um problema grave e crescente. Os principais centros urbanos são os que mais sofrem com as consequências da má qualidade do ar e seus efeitos sobre a saúde pública, ecossistemas e, até mesmo, materiais construtivos. A poluição atmosférica somente foi considerada um problema abrangente com o advento da Revolução Industrial, quando teve início o sistema urbano atual, em meados dos séculos XVIII e XIX, inicialmente na Inglaterra e, depois, em outros países. O homem passou a queimar, indiscriminadamente, grandes quantidades de carvão, lenha e, depois, óleo combustível. Assim, a atmosfera tornou-se insalubre, perigosa para a saúde, tendo em vista a enorme quantidade de fuligem em suspensão e compostos de enxofre, extremamente nocivos e prejudiciais à saúde em geral. A situação agravou-se ainda mais com o surgimento da primeira locomotiva e, com ela, as estradas de ferro. Após a evolução tecnológica, chegou-se ao sistema de transporte atual, com um grande grupo de poluidores do ar, os veículos automotores (BRANCO, 2004). Finaliza o mesmo autor, informando que, nos séculos XIX e XX, os centros urbanos adquiriram um novo contexto. Além de tornarem-se cada vez mais populosos e maiores, a utilização dos veículos automotores movidos a combustíveis fósseis foi crescente. Com isso, surgiram os chamados episódios críticos de poluição do ar em diversos lugares do mundo. Caracterizam-se pela pequena duração (que pode variar de minutos a alguns dias) e por provocar consequências graves. O elevado crescimento da população mundial, que no início do século XX era de aproximadamente 1,5 bilhão de pessoas, saltou para 6 bilhões no final do mesmo século, contribuiu, e muito, para o aumento de emissões nocivas atmosféricas. Essa explosão demográfica acarretou o aumento do consumismo e do padrão de vida.

Dessa forma, observa-se que a poluição atmosférica tornou-se uma ameaça à saúde dos habitantes de grandes centros urbanos, e isto não é diferente em Porto Alegre, Capital do Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisas recentes da Universidade Federal de Ciências

da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) ressaltam que o ar da Capital contém, em média, o dobro de poluentes recomendados pelos padrões internacionais (G1, 2013). O material particulado (MP), poluente que vem prejudicando silenciosamente a saúde dos gaúchos, é oriundo, principalmente, da queima do combustível de carros e veículos pesados e também do atrito, de seus pneus no asfalto.

O município de Porto Alegre/RS convive com o aumento dos níveis de poluição atmosférica, principalmente pelo material particulado em dispersão. Sabe-se que quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito sobre a saúde, ou seja, quanto mais fina a partícula, mais profundamente ela penetra no aparelho respiratório. Assim, a partir de 1990, a legislação brasileira passou também a se preocupar com as Partículas Inaláveis (PI), menores que 10 mm, originadas do processo de combustão industrial, de veículos automotores e do aerossol secundário (formado na atmosfera). Partículas minúsculas como as emitidas por veículos, principalmente os movidos a diesel, podem ser menores do que a espessura de um fio de cabelo. Partindo do exposto, a pesquisa investiga a importância da análise das condições meteorológicas durante os episódios críticos de poluição do ar no município de Porto Alegre, relativos ao poluente atmosférico denominado material particulado (MP).

1.1 Poluição Atmosférica

Entende-se por poluição atmosférica a presença de poluentes no ar devido a substâncias produzidas por fenômenos naturais, ou geradas pelas atividades antropogênicas em quantidades, que podem ser prejudiciais para a vida humana, vegetal ou animal, afetar estruturas e materiais produzidos pelo homem e ocasionar alterações nas condições climáticas ou meteorológicas, que impedem o desfrutar pleno da vida e das propriedades (VIEIRA, 2009). A Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990 (BRASIL, 1990) é o diploma legal que conceitua poluente atmosférico, a saber:

> Art. 1º - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.
>
> Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:
>
> I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
>
> II - inconveniente ao bem-estar público;
>
> III - danoso aos materiais, à fauna e flora.
>
> IV - prejudicial à segurança. ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. (BRASIL, 1990)

O recurso ar é utilizado pelas comunidades sem parcimônia, pelo fato de se estar disponível livremente, sem qualquer ônus ou esforço em seu uso. Infelizmente, o resultado desse uso indiscriminado e abusivo tem como resultado episódios cada vez mais crescentes de poluição do ar. O fato é que, só muito recentemente surgiu a preocupação generalizada com o ar. A partir de alguns acidentes ocorridos, vários deles com vítimas fatais, a população vem se conscientizando de que a poluição é um problema real. Além disso, o meio científico também decidiu estudar mais profundamente o fenômeno, até então pouco conhecido, dos **episódios críticos de poluição do ar.**

1.2 Material Particulado

O material particulado, objeto de estudo desta pesquisa, é composto por partículas sólidas ou líquidas, em suspensão no ar, emitidas na forma de poeira, fumaça, fumo e névoa (PHILIPPI, JR; ROMERO; BRUNA, 2004). As principais fontes de material particulado podem ocorrer de eventos naturais ou fontes antropogênicas. As fontes naturais são as partículas de sal marinho, o pólen e a poeira ressuspensa do solo. Quanto às fontes antropogênicas, o material particulado é proveniente de processos industriais; pela queima de combustíveis fósseis, principalmente por veículos automotores com motor a diesel; pela poeira de rua ressuspensa (PHILIPPI, JR; ROMERO; BRUNA, 2004).

Sua denominação abrange uma variação de tamanho de partícula, cuja classificação se dá por partículas grossas, aquelas que o diâmetro aerodinâmico é maior que 10 μm (MP_{10}) e finas, as menores que 10 μm (MP_{10}) e 2,5μm ($MP_{2,5}$). Partículas totais em suspensão (PTS) são partículas com diâmetro aerodinâmico de 70m (VIEIRA, 2009). Na saúde humana, o tamanho das partículas representa um papel importante, uma vez que as partículas finas penetram mais profundamente, se depositando no aparelho respiratório, atingindo, inclusive, os alvéolos pulmonares, no caso das partículas submicrômicas (DERÍSIO, 2012).

1.3 Situação da Poluição Atmosférica em Porto Alegre/RS

A grande maioria das atividades diárias nas grandes cidades gera poluição do ar. Contudo, muitas pessoas não têm consciência disso. Exemplos como dirigir um automóvel, pintar uma casa, ou fazer um simples churrasco, contribuem para a contaminação atmosférica. Relata Branco (2004) que, por mais que a contribuição individual pareça ter menor grau de importância que a poluição causada por uma grande indústria, não é essa a realidade. Como exemplo, o autor cita o uso do automóvel. Sabe-se que em uma grande metrópole, existem alguns milhões de veículos, para centenas (ou milhares) de indústrias. Com isso, pequenas e numerosas fontes de poluição podem adquirir a mesma relevância de fontes maiores.

Em Porto Alegre, o clima possui influências da latitude, das massas de ar e da altitude, sendo que os ventos, durante o verão, são gerados pelos centros de alta pressão localizados no Atlântico, que amenizam a temperatura. O centro de alta pressão localizado

em regiões frias determina o surgimento do Minuano, caracterizado pelo vento frio e seco no período do inverno. As maiores altitudes alcançam 300 metros, com pouca diferença de temperatura nas terras mais baixas. Já no verão, as partes mais altas e mais expostas ao vento, denotam-se temperaturas mais amenas (DORNELLES, 2004). Na Capital do Estado do Rio Grande do Sul, há um grande tráfego diário de veículos e uma concentração de indústrias que podem ser responsáveis por emissões atmosféricas. Um estudo realizado por Camargo; Lazzari e Schneider em 2005 e 2006 analisaram os elementos meteorológicos que influenciam nas concentrações de MP_{10} em Porto Alegre. A velocidade do vento e a radiação solar, com relações negativas, a temperatura do ar e as direções do vento, norte e noroeste, com relações positivas. Logo, as maiores concentrações de MP_{10} ocorreram em dias quentes, com pouco vento e nublados, sendo que, os ventos Norte e Noroeste corroboraram para este aumento (CAMARGO; LAZZARI; SCHNEIDER, 2011). Recentemente, Porto Alegre foi notícia ao ocupar o segundo lugar no *ranking* de seis capitais do País em poluição atmosférica, com uma média de partículas poluentes pequenas de 22,10 microgramas por metro cúbico. O estudo foi realizado pelo Instituto Saúde e Sustentabilidade, instituição especializada em pesquisas de impacto ambiental e de saúde, com apoio da Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (APROBIO) (BSBIOS, 2015).

1.4 Fatores que influenciam a poluição do ar

De acordo com Derísio (2012), meteorologia é a ciência que estuda os fenômenos atmosféricos que se manifestam e ocorrem na natureza, uma vez que tais fenômenos exercem transporte e a dispersão de poluentes. Consideram-se alguns elementos no exame das condições meteorológicas de uma determinada área de estudo, pelos quais são destacados: o vento (velocidade, direção e porcentagem (%) de calmaria), a turbulência, a temperatura e a pressão, a umidade relativa, a radiação e a precipitação. No tocante a dispersão de poluentes, o art. 5º, §1º da Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, traz a definição de episódio crítico de poluição do ar:

> Art. 5º - Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde à saúde da população.
>
> § Iº - Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos (BRASIL, 1990).

Para Vieira (2009), condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes podem ser correlacionadas com episódios críticos de poluição do ar. Para tanto, a interpretação dos dados da amostragem dos poluentes deve conter os dados

de temperatura, direção e velocidade dos ventos, altura das inversões, o que permitirá identificar as variações sazonais das condições do ar e a possibilidade de identificar situações meteorológicas para situações críticas de poluição do ar. A seguir, algumas linhas a respeito dos parâmetros de maior significância:

Temperatura

A temperatura é um parâmetro meteorológico relevante para a poluição atmosférica "pela sua correlação com a intensidade da luz solar; sua alteração sazonal e diária, que pode influenciar as reações fotoquímicas, com a formação de poluentes secundários e os consequentes danos que podem ocorrer ao meio ambiente e a saúde pública", conforme cita Vieira (2009, p.50). É o grau de aquecimento do ar. Quanto maior a inclinação dos raios solares, mais fraco é o aquecimento. A temperatura afeta a intensidade e a estrutura das turbulências do ar, as quais diluem ou difundem os poluentes atmosféricos. Dois fenômenos estão relacionados a temperatura: a Inversão térmica e as Ilhas de calor. A Inversão térmica é um fenômeno natural que corresponde à inversão das camadas atmosféricas de forma que o ar frio permanece em baixas altitudes e o ar quente nas camadas mais elevadas. Dessa forma, ocorre assim, uma desestabilização momentânea da circulação atmosférica e alteração na temperatura. As Ilhas de calor são caracterizadas pela diferença de temperatura das áreas urbanas para as rurais, mesmo quando se trata de uma única cidade. Esses fenômenos climáticos têm como fator principal a poluição atmosférica que, aliada ao elevado grau de urbanização caracterizado pela alta densidade demográfica, pavimentação, diminuição das áreas verdes e excessivo número de prédios barrando a passagem dos ventos, acabam resultando na retenção do calor na superfície.

Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar representa a porcentagem de vapor d'água que existe no ar. Quando este está saturado de água, diz-se que a umidade é de 100% (cem por cento).

Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é a força que o ar exerce sobre a superfície terrestre. Utilizam-se diversas unidades para expressá-la. As mais usuais são mmHg (milímetros de mercúrio) e o mb (milibar), sendo este último substituído recentemente pelo hPa (hectopascal). Ao nível do mar, onde o peso da coluna de ar é máximo, a pressão equivale a 1013,25 mb, ou 1013,25 hPa, ou 760 mmHg, para uma temperatura do ar em 15ºC. A pressão atmosférica está sujeita a variações horárias, diárias, semanais, estacionais, altitudinais e latitudinais.

Vento

O vento é o primeiro mecanismo atmosférico de transporte. É o resultado das

diferenças de pressão em função do aquecimento ou resfriamento da atmosfera pelo Sol (DERÍSIO, 2012).

Para Vieira (2009), a trajetória e diluição dos poluentes dependem da direção e velocidade dos ventos. Esses mecanismos, expressos pela rosa dos ventos, podem relacionar informações que permitem conhecer a direção das massas de poluentes do ar, através das fontes contribuintes e da avaliação dos resultados de medições.

Estabilidade atmosférica

Segundo Derísio (2012, p. 121), a estabilidade atmosférica "está relacionada com os movimentos ascendentes e descendentes de volumes de ar. Ela depende também da velocidade do vento, da turbulência atmosférica, do gradiente de temperatura, da insolação, da chuva, da neve de outras condições climáticas". Portanto, a estabilidade atmosférica traz influências na taxa com a qual os poluentes são dispersos no ar limpo. Ou seja, uma parcela de poluentes do ar emitida quando o ar está instável, é melhor misturada do que quando o ar está estável, pois a estabilidade inibe o transporte dos poluentes no ar.

1.5 Qualidade do ar

Padrões de qualidade do ar

Sob o aspecto legal, o nível de referência de poluição atmosférica é denominado Padrão de Qualidade do Ar. Em 1990 foi definido, pela Resolução nº 03 do CONAMA (BRASIL, 1990), os valores medidos em concentração de poluentes, dos padrões nacionais de qualidade do ar para Partículas Totais em Suspensão (PTS), Fumaça, Partículas Inaláveis (MP_{10}), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Dióxido de Enxofre (SO_2), Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O_3), conforme Tabela 1 a seguir:

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário $\mu g/m^3$	Padrão Secundário $\mu g/m^3$	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas*	240	150	Amostrador de Grandes Volumes
	MGA**	80	60	
Partículas Inaláveis (PI)	24 horas*	150	150	Separação Inercial/ Filtração
	MAA***	50	50	
Fumaça	24 horas*	150	100	Refletância
	MAA***	60	40	
Dióxido de Enxofre (SO2)	24 horas*	365	100	Pararosanilina
	MAA***	80	40	
Dióxido de Nitrogênio (NO2)	1 hora*	320	190	Quimiluminescência
	MAA***	100	100	

Monóxido de Carbono (CO)	1 horas* 8 horas*	40.000 35 ppm 10.000 9ppm	40.000 35 ppm 10.000 9ppm	Infravermelho não Dispersivo
Ozônio (O3)	1 horas*	160	160	Quimiluminescência

* Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

** Média geométrica anual.

*** Média aritmética anual.

Tabela 1 Padrões Nacionais de Qualidade do Ar

Fonte: Resolução CONAMA nº. 03 de 28/06/1990 (BRASIL, 1990)

A mesma Resolução estabelece os critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar, apresentados na Tabela 2:

Poluente	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas Totais em Suspensão (PTS) **$\mu g/m^3$ - 24 horas**	375	625	875
Partículas Inaláveis (PI) **$\mu g/m^3$ - 24 horas**	250	420	500
Fumaça **$\mu g/m^3$ - 24 horas**	250	420	500
Produto SO_2 x PTS **$\mu g/m^3$ - 24 horas**	65.000	261.000	393.000
Dióxido de Enxofre (SO_2) **$\mu g/m^3$ - 24 horas**	800	1600	2100
Dióxido de Nitrogênio (NO_2) **$\mu g/m^3$ - 1 horas**	1130	2260	3000
Monóxido de Carbono (CO) **Ppm -8 horas**	15	30	40
Ozônio (O_3) **$\mu g/m^3$ - 1 horas**	400	800	1000

Tabela 2: Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar

Fonte: Resolução CONAMA nº. 03 de 28/06/1990 (BRASIL, 1990)

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

O município de Porto Alegre possui cerca de 1,409 milhão de habitantes, sendo a 10ª cidade mais populosa do Brasil; com um PIB de aproximados R$ 43,0 bilhões (US$ 18,7 bilhões) e a 7ª cidade mais rica do Brasil. É a capital do Rio Grande do Sul, que é o Estado mais meridional do Brasil, situado na fronteira com o Uruguai e a Argentina, que

possui, por sua vez, cerca de 11,1 milhões de habitantes e um PIB de R$ 310,5 bilhões. Situa-se na fronteira leste do Estado, sobre uma península, junto à desembocadura do Rio Guaíba (formado por 05 rios) na Lagoa dos Patos, que constitui a maior lagoa de água doce do mundo (IBGE, 2015).

2.2 Metodologia

A metodologia baseia-se em quatro etapas principais:

1. Levantamento dos dados de qualidade do ar no município de Porto Alegre junto à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS;

2. Definição dos episódios críticos de poluição do ar;

3. Levantamento da série de dados meteorológicos (temperatura do ar; pressão atmosférica, umidade relativa do ar; velocidade e direção do vento, perfil atmosférico);

4. Identificação de quais as variáveis meteorológicas apresentam a maior influência sobre a qualidade do ar, através da análise de *cluster*, componentes principais.

Análise estatística

O método de análise por componentes principais procura encontrar um novo conjunto de variáveis que retenham o máximo de variância, através de uma combinação linear dos dados originais (WILKS, 1995). Para verificar o agrupamento entre as variáveis foi utilizada a análise de *clusters* que apresentam a vantagem de reduzirem o espaço multidimensional a uma medida de distância entre os objetos, sendo esta representada em um espaço bidimensional, muito mais simplificado do que o espaço multidimensional (MARDIA; KENT; BIBBY, 1995). A análise de *cluster* busca agrupar elementos de dados baseando-se na similaridade entre eles.

2.3 Dados da qualidade do ar

Em Porto Alegre existem três estações fixas instaladas de monitoramento da qualidade do ar, gerenciadas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (Fepam). A primeira está localizada no canteiro central do Largo Edgar Koëtz, em frente à Rodoviária; a segunda está na Avenida Silva Só, 340, Bairro Santa Cecília; e a última se encontra na Rua Felizardo, 750, Bairro Jardim Botânico (FEPAM, 2015).

2.4 Análise do MP_{10}

Nesta pesquisa foram utilizadas as medições do material particulado inalável (MP_{10}) da estação fixa localizada em frente à Rodoviária de Porto Alegre/RS (Figura 1), instalada na região urbana do município, com coletas de 24 horas para todo o período do presente trabalho.

Para analisar as concentrações de MP_{10} foram utilizados dados fornecidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, Estado do Rio Grande

do Sul, (FEPAM), referentes às concentrações diárias de $MP_{10,}$ de 2002 a 2006.).

2.5 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram extraídos do 8º Distrito Meteorológico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Porto Alegre/RS (Figura 1), referentes às variáveis meteorológicas, de 2002 a 2006, provenientes da estação de superfície automática do INMET, localizada no Bairro Jardim Botânico.

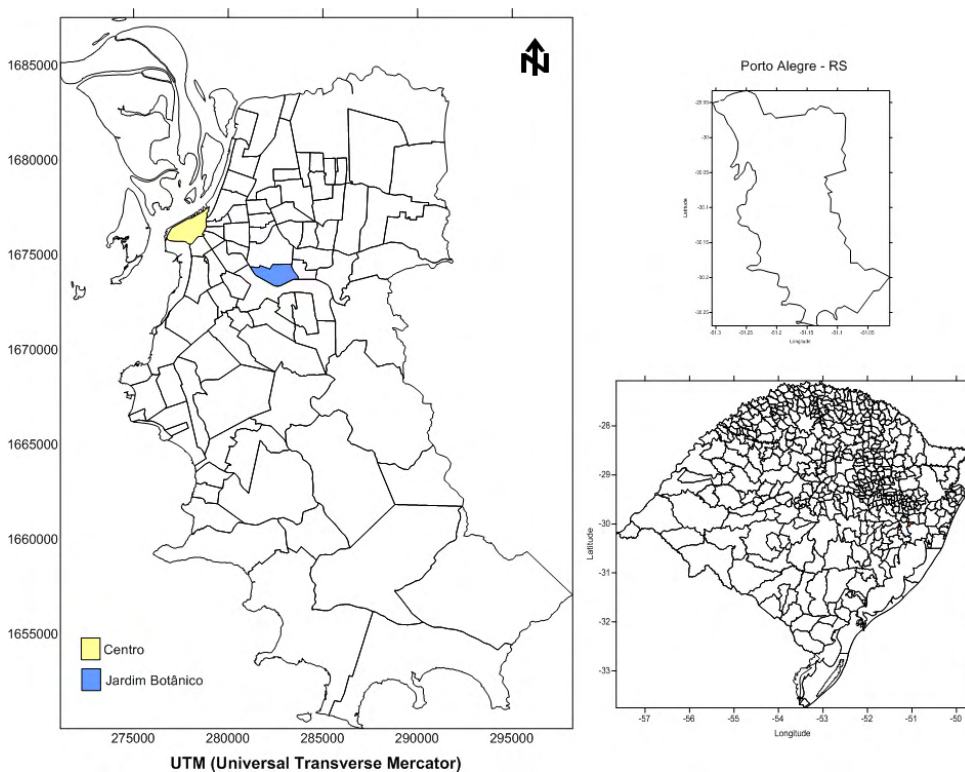



Figura 1: Mapa de Localização da estação de Qualidade do Ar da FEPAM e da estação meteorológica do INMET.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se o período compreendido entre 01º/01/2002 a 04/12/2006, para efeito das análises considerados episódios críticos de poluição do ar, conforme Resolução CONAMA nº 03, de 28/06/1990 (BRASIL, 1990), sendo classificados em: atenção (acima de 250 $\mu g/m^3$), alerta (acima de 420 $\mu g/m^3$) e emergência (acima de 500 $\mu g/m^3$). Foram contabilizados 683 casos que ultrapassaram os padrões primários de qualidade do ar para o poluente MP_{10} (acima de 150 $\mu g/m^3$), sendo deste total, 133 casos considerados episódios críticos de poluição do ar.

A Resolução CONAMA nº 03, de 1990 (BRASIL, 1990) estabeleceu o valor de 150 μg/m^3 como padrão nacional diário para o MP_{10} em suspensão no ar. As Figuras 2, 3 e 4 mostram os episódios que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar.

Do total de 683 casos durante o período da pesquisa, 139 ocorreram nos anos de 2002-2003; 237 casos em 2004 e 307 nos anos de 2005-2006. A concentração mais alta de MP_{10} encontrada foi de 855,4 μg/m^3 no dia 29/06/2002, no inverno, conforme a Figura 3.

As Figuras 2, 3 e 4 indicam, também, os episódios críticos de poluição do ar, sendo 9 episódios considerados de emergência, 9 episódios de alerta e 115 de atenção, totalizando 133 episódios críticos de poluição do ar referentes ao material particulado inalável (MP_{10}).

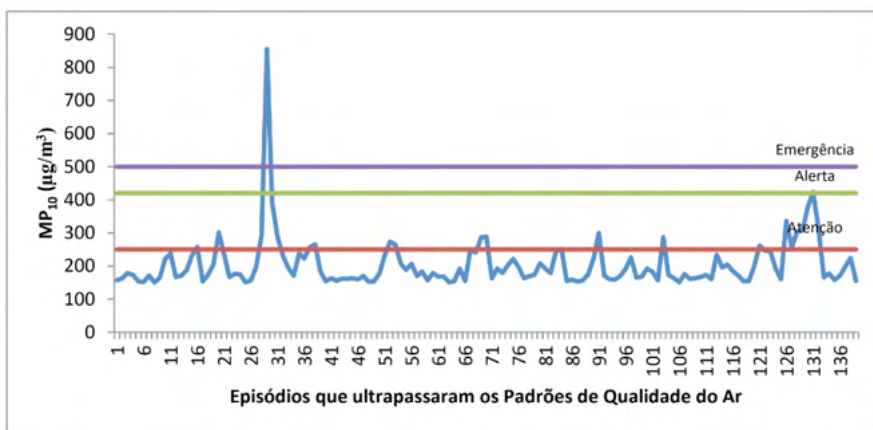



Figura 2: Episódios que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar (acima de 150 μg/m³) nos anos de 2002-2003.

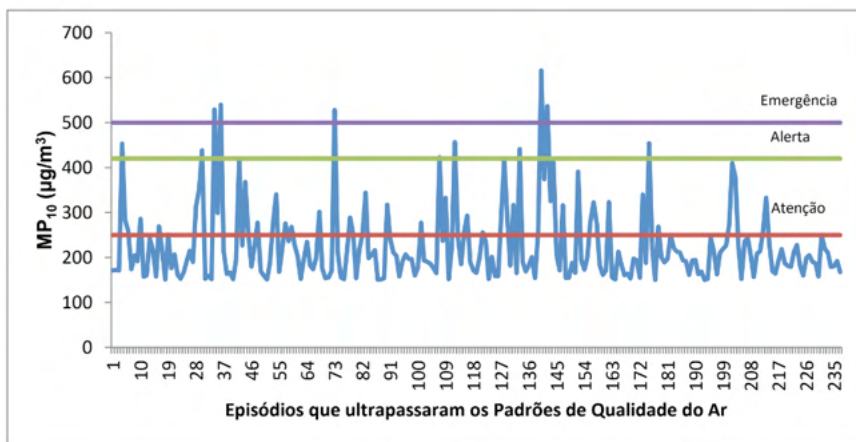



Figura 3: Episódios que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar (acima de 150 μg/m³) no ano de 2004.

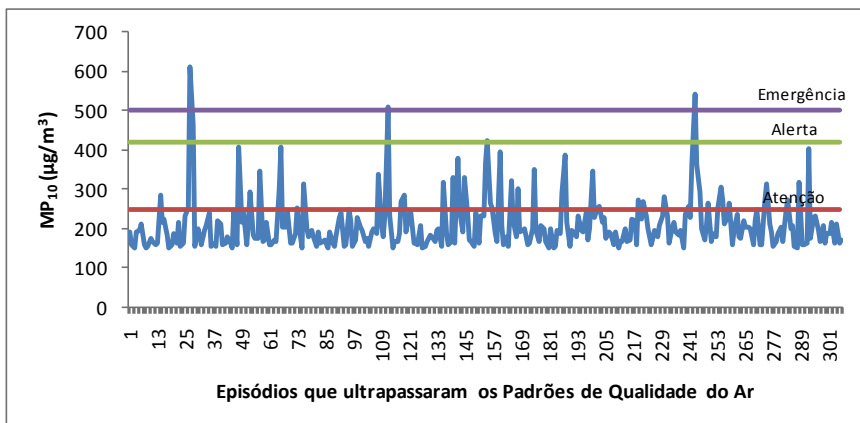



Figura 4: Episódios que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar (acima de 150 μg/m³) nos anos de 2005-2006.

3.1 Análise exploratória dos dados concentração de MP_{10} no município de Porto Alegre/RS

A Tabela 3 apresenta uma abordagem sazonal da concentração de MP_{10}, conforme os dados do período de estudo, frente aos 133 episódios críticos de poluição do ar encontrados na pesquisa, de acordo com a Resolução CONAMA nº 03, de 1990 (BRASIL, 1990):

Avaliação Sazonal da Qualidade do Ar em Porto Alegre/RS			
Estação do ano	**ATENÇÃO**	**ALERTA**	**EMERGÊNCIA**
Verão	1	0	0
Outono	17	2	1
Inverno	88	7	8
Primavera	9	0	0

Tabela 3: Avaliação Sazonal da Qualidade do ar em Porto Alegre/RS

Percebe-se que o período de inverno compreende os maiores casos de episódios críticos, relativos a concentração de MP_{10}, sendo 103 dos 133 episódios contabilizados. Logo atrás vem o outono, apresentando 20 casos. O verão é a estação do ano que aparece em menor número, concordando com o estudo de De Barros (2014), realizado entre 2011 e 2014, que mostrou que a máxima concentração diária de MP_{10} ocorreu no inverno, seguido do outono e, em menor escala, no verão.

A diferença de concentração do material particulado referente a sazonalidade (Tabela 3) é que, ao contrário do verão, quando as condições atmosféricas contribuem

para uma maior diluição dos poluentes através da instabilidade atmosférica, que prevalece neste período, no inverno tem-se a estabilidade atmosférica, com pouca movimentação das camadas de ar, o que favorece a concentração de poluentes. Além disso, no inverno é comum a ocorrência do fenômeno inversão térmica, o que eleva a concentração dos poluentes.

3.2 Análise das variáveis climáticas em relação as partículas inaláveis (MP_{10})

A relação entre as variáveis climáticas e as partículas inaláveis pode ser entendida a partir da análise de *cluster*. No dendrograma da Figura 5, a escala vertical indica o nível de similaridade e no eixo horizontal as variáveis analisadas, quanto menor a distância entre as variáveis maior a similaridade. A análise de *cluster* permitiu a verificação da associação entre as variáveis meteorológicas e a concentração de poluentes. A partir dessa técnica observaram-se dois grupos principais: (1) partículas inaláveis, velocidade do vento, temperatura do ar e, (2) umidade relativa do ar e pressão atmosférica.

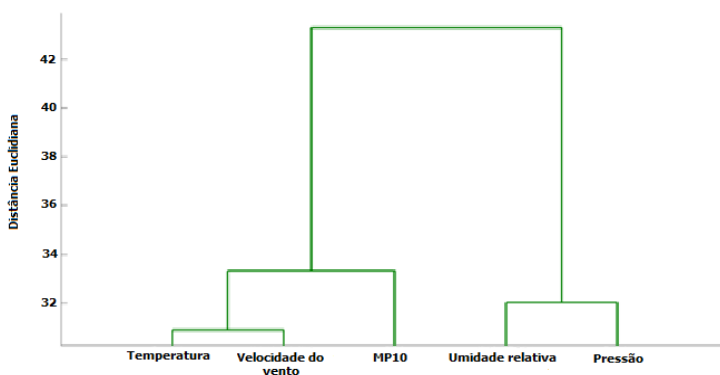



Figura 5: Dendrograma entre as variáveis meteorológicas e a concentração de $MP_{10.}$

De acordo com as análises de agrupamento (Figura 5), a velocidade do vento e a temperatura, concorrem para baixa qualidade do ar observada na área urbana do município. A partir do resultado do dendrograma, observa-se que o MP_{10} tem maior similaridade com as variáveis meteorológicas velocidade dos ventos e a temperatura, por estar mais próximo da distância euclidiana. Isso não quer dizer que a umidade relativa e a pressão atmosférica não estejam relacionados ao poluente. Entretanto, são variáveis que apresentam menores contribuições, pois estão mais afastadas, de acordo com a leitura do gráfico.

Com relação à influência da velocidade dos ventos sobre a poluição atmosférica na série temporal do material particulado, foram definidas na Tabela 4 as velocidades de cada vento, conforme a Escala de Beaufort. Com isso, observou-se um aumento significativo na

concentração do material poluente quando o mesmo é de baixa velocidade (entre a aragem e a calmaria), concordando com o estudo de Camargo; Lazzari e Schneider (2011) em que, quanto maior a velocidade do vento, menor serão as concentrações de MP_{10}. A velocidade do vento é um fator meteorológico importante na dispersão atmosférica, pois a turbulência mecânica aumenta a mistura e a diluição, e é criada pela ação do vento.

	Calmaria	Aragem	Brisa Leve	Brisa Fraca
	0-02	0,3-1,5	1,6-3,3	3,4-5,4
Acima de 150	38%	49%	12%	1%
ATENÇÃO	41%	43%	16%	0%
ALERTA	13%	88%	0%	0%
EMERGÊNCIA	56%	33%	11%	0%

Tabela 4: Resultados da velocidade dos ventos em m/s, conforme a Escala de Beaufort

Quanto aos resultados encontrados na temperatura, em graus Celsius (ºC) (Tabela 5), observou-se que, em temperaturas mais baixas, ocorreram menos episódios críticos de poluição do ar que em temperaturas mais altas (na faixa entre 20-30ºC), concentrando 67% dos casos de emergência. Esse resultado vem ao encontro do que diz o estudo de Camargo; Lazzari e Schneider (2011), em que maiores concentrações de MP_{10} ocorrem em dias quentes, indicando maiores temperaturas, com pouco vento, ou seja, quando a estabilidade do ar é alta. Isso, certamente, se deve ao fato de a área estudada ser situada junto à Rodoviária de Porto Alegre, na zona central, e por ser um local de alto tráfego veicular de entrada e saída da Capital. Além disso, possui grande concentração de asfalto em ruas e avenidas próximas, e construções de concreto, que impedem a circulação dos ventos e elevam a capacidade de absorção de calor na superfície urbana, contribuindo para a formação de “Ilha de Calor”.

	0-10	10-15	15-20	20-30	30-40
Acima de 150	4%	13%	33%	45%	5%
ATENÇÃO	5%	8%	40%	46%	1%
ALERTA	0%	38%	25%	13%	25%
EMERGÊNCIA	0%	11%	22%	67%	0%

Tabela 5: Resultados da temperatura em graus Celsius (ºC)

De acordo com a Tabela 6, denota-se uma contribuição para maiores concentrações de MP_{10}, na direção do vento Norte-Leste, com 63% nos episódios críticos de poluição do ar classificados em alerta (acima de 420 $\mu g/m^3$). Verifica-se que as direções que contribuem significativamente para o aumento das concentrações são Norte e Leste e as que contribuem

para diminuir as concentrações, no locais medido, são Sul e Oeste. Através dos resultados, pode se dizer que são ventos originários de regiões industrializadas, que usam combustível para o funcionamento das turbinas, emitindo material particulado durante suas atividades; e com fluxo intenso de veículos, causados em grande parte, pela queima de combustível fóssil.

	Norte-Leste	Leste-Sul	Sul-Oeste	Oeste-Norte
Acima de 150	38%	37%	8%	18%
ATENÇÃO	33%	42%	4%	21%
ALERTA	63%	13%	13%	13%
EMERGÊNCIA	22%	33%	22%	22%

Tabela 6: Resultados da direção dos ventos

Em comparação a outro estudo similar realizado em Porto Alegre, para o local próxima à Rodoviária, a direção norte do vento teve relação positiva, conforme Camargo; Lazzari e Schneider (2011).

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar as condições meteorológicas durante os episódios críticos de poluição atmosférica no município de Porto Alegre, no período de 2002 a 2006, observou-se que os elementos meteorológicos que influenciam nas concentrações de MP_{10} na área em estudo, são: a velocidade do vento, a temperatura do ar e as direções do vento norte-leste. Ademais, as maiores concentrações de MP_{10} ocorreram em dias quentes e com pouco vento.

Quanto à sazonalidade, foi no período do inverno, em quase sua totalidade, que ocorreram episódios críticos, com alguns casos no outono e somente um no verão. Em especial, dois fenômenos estão relacionados: a formação de ilha de calor e inversão térmica. Esse cenário, combinado às condições adversas à qualidade do ar durante o inverno e favoráveis à dispersão de poluentes no verão através da instabilidade atmosférica, que prevalece neste período, faz com que esta estação do ano apresente as menores concentrações de $MP_{10.}$ Pode-se constatar que grande parte do MP_{10} na área em estudo tem origem em sua localização, por ter um alto tráfego veicular de entrada e saída da Capital, aliada a ressuspensão de material do solo e atividade industrial presente pela ação dos ventos.

Enfim, por meio desta pesquisa, foi possível, ainda, observar algumas lacunas relacionadas ao controle ambiental da concentração de poluentes atmosféricos em Porto Alegre. A FEPAM, órgão ambiental responsável pela fiscalização da qualidade do ar

na cidade, poderia e deveria ampliar sua rede de telemetria, consertando as estações fixas que estão inativas desde 2010. Sendo Porto Alegre uma metrópole com alto poder poluidor, deve primar por ações de monitoramento e melhorias da qualidade do ar, uma vez que ocupa o segundo lugar no *ranking* de seis capitais do País em poluição atmosférica relacionada ao material particulado.

REFERÊNCIAS

BRANCO, Samuel Murgel. **Poluição do ar.** 2. ed. reform. São Paulo: Moderna, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 03, de 28.06.1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>. Acesso em: 18 de mar. 2015.

BSBIOS. **Porto Alegre é a segunda cidade mais poluída do país.** Disponível em: <http://www.bsbios.com/noticias/porto-alegre-e-segunda-cidade-mais-poluida-do-pais/>. Acesso em: 15 de out. 2015.

CAMARGO, M. E.; LAZZARI, A. R.; SCHNEIDER, R. **Análise de regressão múltipla das concentrações de PM10 em função de elementos meteorológicos para Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, em 2005 e 2006.** Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/viewFile/9627/9627>. Acesso em: 16 de out. 2015.

DE BARROS, Lucas Vincent Lopes. **Avaliação da relação entre parâmetros meteorológicos e concentrações de material particulado inalável (MP_{10}) no Campus da UFSC.** Disponível em: < https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/124736>. Acesso em 05 de out. 2015.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 4. ed. atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

DORNELLES, Beatriz. **Porto Alegre em destaque:** história e cultura. Porto Alegre: Edipucrs, 2004.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Qualidade.** Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitoramento.asp>. Acesso em: 21 de mar. 2015.

G1 (2013). **Ar de Porto Alegre é duas vezes mais poluído do que aceitável.** Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/07/ar-de-porto-alegre-e-duas-vezes-mais-poluido-do-que-aceitavel-diz-pesquisa.html> Acesso em: 05 de mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Porto Alegre.** Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 de mar. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Apresenta informações sobre a qualidade do ar.** Disponível em: <www.inmet.gov.br> Acesso em: 05 de ago. 2015.

MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis.** London: Academic Press, 518p. 1995.

PHILIPPI JUNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Orgs.). **Curso de gestão ambiental.** Barueri: Manole, 2004.

VIEIRA, Neise Ribeiro. **Poluição do ar:** indicadores ambientais. Rio de Janeiro: E-papers, 2009.

WILKS, DS. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences:** an introduction. International Geophysics Series, Academic Press, v. 59, 464 p. 1995.

CAPÍTULO 15

EQUIPAMENTOS GERADORES DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E OS SEUS RESÍDUOS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 20/09/2021

José Luiz Romero de Brito
Universidade de São Paulo - Instituto de Energia e Ambiente, USP/IEE
São Paulo – SP
https://orcid.org/0000-0002-2357-5363

Mario Roberto dos Santos
Universidade Nove de Julho - UNINOVE
São Paulo – SP
http://orcid.org/0000-0001-6222-9255

Fabio Ytoshi Shibao
Universidade Ibirapuera - UNIB
São Paulo – SP
https://orcid.org/0000-0002-6666-0330

RESUMO: O aumento exponencial global nas instalações fotovoltaicas anuais e os níveis resultantes de resíduos fotovoltaicos é uma preocupação crescente. Verificou-se na literatura recente como está sendo tratada a produção, o gerenciamento e a valorização de resíduos dos sistemas fotovoltaicos de geração de energia e as propostas de solução para esses problemas. Na base *ScienceDirect*, foram encontrados 30 artigos sobre o tema referentes ao período 2012-2020. Os artigos avaliados foram classificados em quatro categorias: impactos ambientais, economia circular, reciclagem e/ou recuperação de insumos e projeção da quantidade de resíduos nos países. No tema "impactos ambientais", cinco artigos mostraram a avaliação do impacto ambiental da fase de final de vida dos painéis solares fotovoltaicos e o tema Economia Circular apresentou três pesquisas. Quanto à projeção dos resíduos fotovoltaicos, cinco pesquisas mostraram essa projeção nos Estados Unidos da América, na Austrália; na Espanha; no México e na Itália. Reciclagem e/ou recuperação de insumos foi o tema que apresentou mais pesquisas, com dezessete artigos, sendo 14 sobre processos para retirada/recuperação de insumos e três revisões de literatura. Os artigos mostraram tanto a preocupação com os impactos ambientais que o uso da tecnologia trará no futuro quanto as sugestões para tornar essa tecnologia uma fonte de matérias-primas, seja dentro de uma economia circular ou sugerindo processos de extração dos insumos após o término da vida útil dos equipamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Energia fotovoltaica; Energias renováveis; Impacto ambiental; Resíduos.

PHOTOVOLTAIC ENERGY GENERATING EQUIPMENT AND ITS WASTE

ABSTRACT: The global exponential increase in annual photovoltaic installations and the resulting levels of photovoltaic waste is a growing concern. It was verified in recent literature how the production, management and recovery of residues from photovoltaic energy generation systems is being treated and the proposals for solutions to these problems. In the ScienceDirect database, 30 articles were found on the subject for the period 2012-2020. The evaluated articles were classified into four categories: environmental impacts, circular economy, recycling and/or

recovery of inputs and projection of the amount of waste in countries. In the “environmental impacts” theme, five articles showed the environmental impact assessment of the end-of-life phase of photovoltaic solar panels and the Circular Economy theme presented three researches. As for the projection of photovoltaic waste, five surveys showed this projection in the United States of America, in Australia; in Spain; in Mexico and Italy. Recycling and/or recovery of inputs was the topic that presented the most research, with seventeen articles, 14 on processes for removal/recovery of inputs and three literature reviews. The articles showed both the concern with the environmental impacts that the use of technology will bring in the future and the suggestions for making this technology a source of raw materials, whether within a circular economy or suggesting processes for extracting inputs after the end of the useful life of the equipment.
KEYWORDS: Photovoltaic energy; Renewable energy; Environmental impact; Waste.

1 I INTRODUÇÃO

A transição de energia fóssil para renovável está progredindo, a combinação de recursos do sistema de energia se altera e a energia de fontes não combustíveis (ou seja, eólica, solar) está se tornando mais proeminente. Esses ‘novos’ recursos são diferentes dos combustíveis fósseis em dois aspectos fundamentais: são abundantes ao invés de escassos, mas a disponibilidade instantânea é limitada, ao invés de serem despacháveis sob demanda (KRAAN et al., 2019).

A tecnologia fotovoltaica (PV) é uma das fontes de eletricidade renovável amplamente implementada (DIAS et al., 2017; ISLAM et al., 2020; NAIN; KUMAR, 2020a; XING; XIANG; MA, 2018) sendo uma das tecnologias mais promissoras e tecnologicamente madura para a produção de energia renovável (MARWEDE et al., 2013). No entanto, a alta taxa de implantação está associada à geração de resíduos em fim de vida útil dos equipamentos fotovoltaicos (EoL PV) contendo, particularmente, metais cancerígenos (NAIN; KUMAR, 2020c). O potencial risco ambiental desses equipamentos em conjunto com a gestão dos resíduo tem atraido a atenção dos pesquisadores (TAMMARO et al., 2016), possibilitando assim a exploração da valorização dos resíduos produzidos pelo setor de energias renováveis (SAVVILOTIDOU et al., 2019).

Considerando o aumento nas instalações de sistemas fotovoltaicos, como, por exemplo as fazendas fotovoltaicas ou os centros de geração de energia renovável, a reciclagem, a reutilização e a recuperação de materiais se tornarão um problema no futuro. Sugere-se pesquisar e empregar essas soluções para que o *déficit* de alguns dos metais raros e preciosos desses painéis não ocorra futuramente. Essas ações teriam um impacto significativo na oferta para a cadeia produtiva da indústria solar, como também em outras indústrias que usam esses materiais (FARRELL et al., 2020).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi verificar na literatura recente como está sendo tratada a produção, o gerenciamento e a valorização de resíduos dos sistemas

fotovoltaicos de geração de energia e as possíveis propostas de solução para esses problemas. Segundo Mahmoudi et al. (2019), apesar da vasta pesquisa em tecnologia fotovoltaica, pouco se sabe sobre a perspectiva de como os módulos FV EoL serão tratados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A energia fotovoltaica (PV) tem sido identificada como uma das principais fontes de energia na transição da geração de eletricidade de fontes não renováveis para fontes renováveis (GARLET et al., 2019; MATHUR; SINGH; SUTHERLAND, 2020; NAIN; KUMAR, 2020b), tem apresentado um enorme crescimento no setor de energia renovável (NAIN; KUMAR, 2020a; SICA et al., 2018), com a promessa de um futuro limpo e sustentável (LISPERGUER et al., 2020), tornando-se assim uma tecnologia competitiva (DOMÍNGUEZ; GEYER, 2019; SANTOS; ALONSO-GARCÍA, 2018). Sua versatilidade bem como a simplicidade de instalação e uso tornaram-na uma tecnologia popular, ambientalmente amigável e confiável (DOMÍNGUEZ; GEYER, 2017; PAIANO, 2015; TAMMARO et al., 2016). Em contrapartida, Dias et al. (2017) alertaram que somente nesta década, o Brasil passou a adotar políticas assertivas e ferramentas regulatórias para estimular a implantação de sistemas de geração fotovoltaica.

As tecnologias fotovoltaicas são baseadas em diferentes tipos de materiais usados, eficiência e tamanho. As principais tecnologias fotovoltaicas disponíveis no mercado são: i) painéis de Silício (Si) cristalino (c-Si) de primeira geração, representando 90% do mercado fotovoltaico; ii) tecnologias de filme fino de segunda geração, que cobrem os restantes da participação de mercado; iii) PVs de terceira geração, baseados principalmente em tecnologias como células fotovoltaicas sensibilizadas com corantes e orgânicas. A preocupação atual reside em tornar essa fonte mais eficiente e econômica em comparação com outras fontes de energia, mas nem sempre são considerados os impactos após o fim da vida desses equipamentos (NAIN; KUMAR, 2020c). Esses impactos continuarão se não mudar o paradigma de fabricação atual, onde o fluxo de material é linear desde sua extração, fabricação de produtos, uso e fim de vida quando são desativados e descartados como resíduos em um aterro, assim chamado ciclo de material em circuito aberto associado à economia atual de produção e a coleta de resíduos (LISPERGUER et al., 2020). O gerenciamento de final de vida é uma abordagem para o gerenciamento e tratamento adequados dos resíduos fotovoltaicos (NAIN; KUMAR, 2020c) e desempenhará um papel estratégico na concretização do setor fotovoltaico (SICA et al., 2018).

Nesse contexto, impacto ambiental é definido pela norma ABNT NBR ISO 14001 como a modificação no meio ambiente, tanto adversa como benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos ambientais de uma organização, sendo aspectos ambientais os elementos das atividades, dos produtos ou serviços dessa organização, que interagem ou podem interagir com o meio ambiente (ABNT, 2015).

O setor fotovoltaico tem se caracterizado por uma rápida evolução das tecnologias e tem alcançado níveis crescentes de eficiência energética por meio da redução contínua

nas emissões durante o processo EPBT (*energy payback time*) e de CO_2. O EPBT é um índice do tempo de retorno de energia, ou seja, o tempo necessário para uma instalação fotovoltaica específica produzir tanta energia quanto foi necessária para fabricá-la, incluindo a energia usada para construir painéis fotovoltaicos, módulos, cabos, inversores etc. (SICA et al., 2018).

Embora a produção de energia solar seja considerada não poluente (XING; XIANG; MA, 2018), a sustentabilidade de longo prazo da energia fotovoltaica dependerá amplamente da eficácia das soluções de processos que serão adotadas para reciclar o volume sem precedentes de painéis em fim de vida que serão gerados em um futuro próximo (FAIRCLOTH et al., 2019; FIANDRA et al., 2019; PADOAN; ALTIMARI; PAGNANELLI, 2019). Esses resíduos são considerados um dos fluxos de resíduos futuros de crescimento mais rápido na categoria de resíduos eletrônicos (ISLAM et al., 2020). Assim que os painéis fotovoltaicos, inversores e sistema de armazenamento de energia da bateria (BESS) atingirem o fim de seus ciclos de vida, eles formarão uma grande quantidade de lixo eletrônico (SALIM et al., 2019).

O painel fotovoltaico é um dos principais tipos de fonte de geração de eletricidade renovável com vantagens ambientais consideráveis durante sua vida funcional, sendo que as novas gerações de painéis resultaram em mais lucratividade e acessibilidade (MAHMOUDI; HUDA; BEHNIA, 2020). A vida útil dos painéis solares varia de 20 a 30 anos, e um projeto de rede de logística reversa apropriado é essencial para gerenciar o fluxo de resíduos de forma eficiente quando essa vida útil expirar (ISLAM et al., 2020). Além disso, pode evitar muitos impactos ambientais graves, adotando-se uma estratégia de tratamento adequada (MAHMOUDI; HUDA; BEHNIA, 2020) evitando-se assim que elementos nocivos, incluindo, por exemplo, metais pesados, possam ser dispersos no meio ambiente por meio de práticas inadequadas de descarte (PADOAN; ALTIMARI; PAGNANELLI, 2019). Assim, tornaram-se novos desafios a recuperação das matérias-primas contidas nesses painéis em fim de vida (SAVVILOTIDOU et al., 2019).

Sem uma estratégia de tratamento adequada, os painéis causam encargos ambientais se descartados em aterros. Além disso, em razão da variedade de materiais valiosos nesses resíduos, causará uma perda econômica significativa quando descartados (MAHMOUDI; HUDA; BEHNIA, 2020). A recuperação ineficiente de materiais provenientes do setor fotovoltaico em fim de vida contribui para a geração maciça de resíduos e emissões tóxicas e aumenta a dependência de recursos primários não renováveis (LISPERGUER et al., 2020).

Tammaro et al. (2016) alertaram que os painéis fotovoltaicos podem ser vulneráveis a danos acidentais devido a incêndios, choque térmico ou agentes atmosféricos. Nesses casos, os módulos danificados ficam expostos à chuva e os lixiviados resultantes podem atingir facilmente o meio aquático e terrestre. Esses fatos foram corroborados por uma avaliação da literatura realizada por Nain e Kumar (2020b) sobre a degradação de módulos

solares que indicou que alguns fatores ambientais, tais como alta irradiação UV, umidade e temperatura, desempenham papéis significativos na degradação do módulo. A análise de risco sugere que a geração de danos fotovoltaicos e ambientais em fim de vida resultante da lixiviação do metal é um dos eventos mais significativos. Danos durante a fabricação e instalação foram identificados como os eventos menos significativos.

A reciclagem de painéis fotovoltaicos desativados pode alimentar a demanda por matérias-primas, tanto na mesma indústria quanto em novos mercados (MAHMOUDI; HUDA; BEHNIA, 2020). A gestão adequada do fim da vida (ou seja, recondicionamento, reutilização ou reciclagem) dessa tecnologia é necessária, não apenas para mitigar os problemas ambientais, mas também para evitar a escassez de materiais críticos para atender às futuras demandas de recursos, impulsionando a economia circular, permitindo uma recuperação de material mais eficaz (SALIM et al., 2019), e podendo ser considerados como uma fonte potencial de materiais valiosos (FIANDRA et al., 2019; MATHUR; SINGH; SUTHERLAND, 2020; ZHANG et al., 2020). Economia circular é um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim de vida' pela redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Segundo Yu et al. (2019), a recuperação de elementos valiosos presentes nos resíduos fotovoltaicos será benéfica tanto por razões econômicas quanto de sustentabilidade. Marwede e Relle (2012) alertaram que a reciclagem de resíduos fotovoltaicos é essencial, não apenas para evitar as emissões de cádmio, mas também para conservar o telúrio, pois vários estudos mostraram que as reservas existentes de telúrio e a sua produção anual poderão limitar o crescimento do mercado fotovoltaico. Nesse sentido, tanto o telúrio quanto o telureto de cádmio (CdTe) são elementos de alto valor comercial, conforme observaram Yue et al. (2019) e Zhang et al. (2014).

As quantidades de PVs em fim de vida (EoL) permaneçam relativamente pequenas no momento, mas, o número deverá crescer drasticamente em futuro próximo, causando preocupações sobre a gestão (MATHUR; SINGH; SUTHERLAND, 2020). Por exemplo, Mahmoudi, Huda e Behnia (2021) projetaram o fluxo de resíduos fotovoltaicos desde o ano de 2001 até o ano de 2058, com base na instalação fotovoltaica histórica nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Os resultados revelaram que o volume cumulativo dos resíduos é estimado entre 25 e 28,5 milhões de toneladas (MT), compondo-se no fluxo de resíduos principais, como metais básicos e especiais (4,58 MT) e outros metais (2,37 MT), seguido por resíduos não metálicos (25,69 MT), incluindo vidro (68%) e acetato de vinil etileno (EVA) (26%). A criação de valor bruto dos materiais residuais recuperados (entre 36-42 bilhões de dolares) revelou um cenário promissor que seria um incentivo atraente para envolver todas as partes. Uma política proativa e uma estratégia de gestão são necessárias para criar novos caminhos econômicos para prosperar nos mercados competitivos dos materiais recuperados, levando

à sustentabilidade ambiental e econômica.

O módulo PV c-Si é composto por camadas, como apresentado na Figura 1: vidro, uma moldura externa de alumínio, duas camadas de acetato de vinil etileno (EVA) na parte superior e na inferior das células solares de silício, que encapsulam as células, uma caixa de junção e folha PV (geralmente feita de Tedlar) localizada na parte traseira do módulo. No módulo padrão, o componente utilizado é o EVA, visando melhorar a empregabilidade, protegendo o módulo das fontes externas, como absorção de umidade, impurezas e danos físicos e atuando como um componente elétrico para as células. Além disso, o uso de EVA impulsiona a longevidade do módulo, isto gera a garantia do fabricante por 20-25 anos. Normalmente, as folhas traseiras do PV são na cor branca, devido a difusão e a refletividade da luz com essas estruturas. Isso ajuda a orientar a luz solar que atinge as áreas inativas em volta da célula solar, para aumentar a eficiência elétrica e a saída de energia do módulo. Existem dois tipos convencionais de folhas traseiras Tedlar, a TPE e a TPT, que têm uma participação de mercado de, aproximadamente, 80% do PV c-Si dos módulos no mercado em geral (FARRELL et al., 2020).

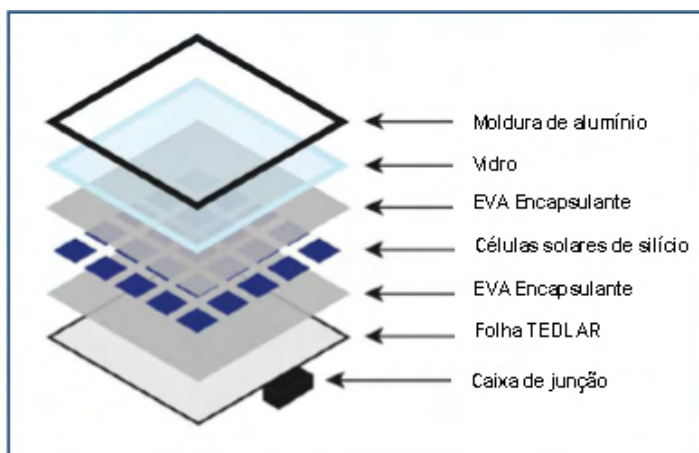



Figura 1 - Diagrama de um módulo PV c-Si convencional

Fonte: Adaptado de Farrell et al. (2020)

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo caracteriza-se como descritivo, com abordagens qualitativas, por meio de análise de conteúdo (BARDIN, 2009), e poderá encontrar áreas onde serão necessárias novas pesquisas (WEBSTER; WATSON, 2002).

Foram realizadas pesquisas na base de dados *ScienceDirect* utilizando-se os termos "*photovoltaic waste*" e limitadas por tipo "*review*" e "*research*". Essa base foi escolhida por ter periódicos relevantes, classificados no extrato Qualis A1 (2013-2016) como, por

exemplo *Journal of Cleaner Production*; *Renewable Energy*; *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; *Resources Conservation and Recycling*; *Waste Management* entre outros, e também por facilidade de acesso. A pesquisa foi realizada entre novembro de 2020 e fevereiro de 2021.

Após a leitura dos títulos para verificar se estes se enquadravam no objeto do estudo, foram lidos os *abstracts* e, posteriormente, os artigos. Depois dessa verificação, foram selecionados os artigos que tratavam de resíduos dos sistemas de geração de energia fotovoltaica. Todos artigos encontrados na pesquisa foram relacionados e avaliados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 30 artigos, conforme mostrado no Quadro 1, ano de publicação, título do artigo, autores e país ou região de origem da pesquisa.

Nº	Ano	Título	Autores	Origem
1	2020	Technical challenges and opportunities in realising a circular economy for waste photovoltaic modules	Farrell et al.	Reino Unido
2	2020	Reverse logistics network design for waste solar photovoltaic panels: A case study of New South Wales councils in Australia	Islam et al.	Austrália
3	2020	Preparation of reactive sintering Si3N4-Si2N2O composites ceramics with diamond-wire saw powder waste as raw material	Jin et al.	China
4	2020	Environmental impact assessment of crystalline solar photovoltaic panels' end-of-life phase: open and closed-loop material flow scenarios	Lisperguer et al.	EUA
5	2020	Environmental impacts and economic feasibility of end of life photovoltaic panels in Australia: A comprehensive assessment	Mahmoudi, Huda e Behnia	Austrália
6	2020	Promoting a circular economy in the solar photovoltaic industry using life cycle symbiosis	Mathur, Singh e Sutherland	EUA
7	2020a	Ecological and human health risk assessment of metals leached from end-of-life solar photovoltaics	Nain e Kumar	Índia
8	2020b	Understanding the possibility of material release from end-of-life solar modules: A study based on literature review and survey analysis	Nain e Kumar	Índia
9	2020c	Initial metal contents and leaching rate constants of metals leached from end-of-life solar photovoltaic waste: An integrative literature review and analysis	Nain e Kumar	Índia
10	2020	Application of multi-stage vacuum distillation for secondary resource recovery: potential recovery method of cadmium telluride photovoltaic waste	Zhang et al.	China
11	2019	Recycling perovskite solar cells through inexpensive quality recovery and reuse of patterned indium tin oxide and substrates from expired devices by single solvent treatment	Augustine et al.	Finlândia
12	2019	Photovoltaic waste assessment of major photovoltaic installations in the United States of America	Domínguez e Geyer	EUA
13	2019	The environmental and economic impacts of photovoltaic waste management in Thailand	Faircloth et al.	Tailândia
14	2019	Silicon photovoltaic modules at end-of-life: Removal of polymeric layers and separation of materials	Fiandra et al.	Itália
15	2019	End-of-life photovoltaic modules: A systematic quantitative literature review	Mahmoudi et al.	Austrália
16	2019	Photovoltaic waste assessment: Forecasting and screening of emerging waste in Australia	Mahmoudi, Huda e Behnia	Austrália
17	2019	Recycling of end of life photovoltaic panels: A chemical prospective on process development	Padoan, Altimari e Pagnanelli	Itália
18	2019	Drivers, barriers and enablers to end-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: A systematic literature review	Salim et al.	Austrália
19	2019	Energy efficient production of glass-ceramics using photovoltaic (P/V) glass and lignite fly ash	Savvilotidou et al.	Grécia
20	2019	In situ fabrication of dynamic nano zero-valent iron/activated carbon nanotubes membranes for tellurium separation	Yu et al.	China
21	2019	Controllable fabrication of tendril-inspired hierarchical hybrid membrane for efficient recovering tellurium from photovoltaic waste	Yue et al.	China
22	2018	Projection of the photovoltaic waste in Spain until 2050	Santos e Alonso-García	Espanha
23	2018	Management of end-of-life photovoltaic panels as a step towards a circular economy	Sica et al.	Itália
24	2018	Mullite rod-enhanced porous SiC ceramics prepared at low temperature from photovoltaic waste	Xing, Xiang e Ma	China
25	2017	Photovoltaic waste assessment in Mexico	Domínguez e Geyer	EUA
26	2016	Experimental investigation to evaluate the potential environmental hazards of photovoltaic panels	Tammaro et al.	Itália
27	2015	Photovoltaic waste assessment in Italy	Paiano	Itália
28	2014	Removal of CdTe in acidic media by magnetic ion-exchange resin: A potential recycling methodology for cadmium telluride photovoltaic waste	Zhang et al.	China
29	2013	Recycling paths for thin-film chalcogenide photovoltaic waste – Current feasible processes	Marwede et al.	Alemanha
30	2012	Future recycling flows of tellurium from cadmium telluride photovoltaic waste	Marwede e Reller	Alemanha

Quadro 1 – Artigos selecionados

Fonte: Dados da pesquisa

Quanto a relevância dos artigos, somente um dos artigos, o periódico *Sustainable Production and Consuption* não está classificado no sistema Qualis como A1, mas está na referência B1 em Ciências Ambientais, os demais (29) estão enquadrados no extrato A1 e verificou-se também que o menor fator de impacto é 2.771. A Tabela 1 mostra a classificação dos periódicos e os respectivos fatores de impacto.

Periódicos	Qtde	Qualis (2013-2016)	Fator de Impacto
Resources, Conservation and Recycling	6	Admin. A1; Ciên. Ambientais A1	8,086
Renewable and Sustainable Energy Reviews	4	Admin. A1; Ciên. Ambientais A1	12,110
Journal of Cleaner Production	4	Admin. A1; Ciên. Ambientais A1	7,246
Renewable Energy	3	Admin. A1; Ciên. Ambientais A1	6,274
Waste Management	2	Admin. A1; Ciên. Ambientais A1	5,448
Journal of Hazardous Materials	3	Ciên. Ambientais A1; Engenharias I, II, III A1	9,038
Waste Management & Research	1	Admin. A2; Engenharias I A1	2,771
Sustainable Production and Consumption	1	Admin. B2; Ciên. Ambientais B1	3,660
Environmental Pollution	1	Ciên. Ambientais A1; Engenharias I A1	6,792
Journal of Materials Research and Technology	1	Engenharias II A1	5,289
Solar Energy Materials and Solar Cells	1	Ciên. Ambientais A1; Engenharias III e IV A1	6,984
Solar Energy	1	Ciên. Ambientais A1; Engenharias III e IV A1	4,608
Journal of the European Ceramic Society	1	Engenharias I, II, III A1	4,495
Chemical Engineering Science	1	Engenharias I, II, III A1	3,871
Total de periódicos	30		

Tabela 1 – Classificação Qualis e fatores de impacto dos periódicos da pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa

Os 30 artigos tiveram 126 autores, sendo 105 diferentes autores. Os 14 autores que mais contribuíram foram S. Mahmoudi e N. Huda com quatro artigos, seguidos de M. Behnia, P. Nain e A. Kumar com três artigos. Com dois artigos foram M. T. Islam, X. Zhang, A. Domínguez, R. Geyer, T. Zhang, F. Qiu, D. Yang. M. Marwede e A. Reller 2. Os demais 91 autores tiveram a participação em um artigo. Uma constatação é que somente um artigo foi escrito por somente um autor denotando que foram formadas parcerias para desenvolver as pesquisas.

Verificando-se a produção por país envolvido nas pesquisas, o Gráfico 1 mostra essa produção. A China é o país que mais se destacou com a participação em 20% das pesquisas seguida pela Austrália e Itália com 16,7% respectivamente. De uma forma geral, o interesses por esse tema estão difundidos em diversos países, notando-se somente, que dentro da base pesquisada não foram encontrados artigos produzidos no Brasil. Provavelmente, o tema ainda é muito recente no país, pois, segundo Dias et al. (2017), a capacidade instalada de geração de energia fotovoltaica do país é muito pequena quando comparada com outros países, principalmente em relação aos países europeus.

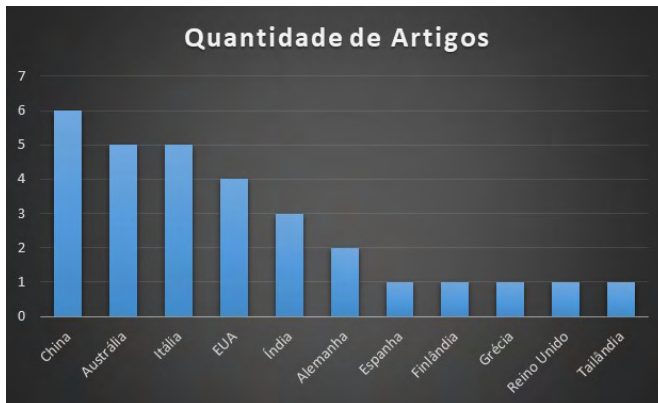



Gráfico 1 – Quantidade de artigos por país originário da pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa

Os artigos avaliados foram classificados segundo o objetivo de cada artigo, em quatro categorias: impactos ambientais, economia circular, reciclagem e/ou recuperação de insumos e projeção da quantidade de resíduos.

O tema “impactos ambientais” mostrou cinco pesquisas: avaliação do impacto ambiental da fase de final de vida dos painéis solares fotovoltaicos cristalinos utilizando a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (LISPERGUER et al., 2020); impactos ambientais e viabilidade econômica de painéis fotovoltaicos em fim de vida útil na Austrália, utilizando a metodologia de ACV e análise de viabilidade econômica empregando o método de Fluxo de Caixa Descontado (MAHMOUDI; HUDA; BEHNIA, 2020); avaliação de risco ecológico e à saúde humana dos metais lixiviados de energia solar fotovoltaica em fim de vida, relatando os conteúdos de metal lixiviado de diferentes resíduos fotovoltaicos (NAIN; KUMAR, 2020a); impactos ambientais e econômicos da gestão de resíduos fotovoltaicos na Tailândia, com a reciclagem de painéis solares e usando a metodologia ACV (FAIRCLOTH et al., 2019); e investigação para avaliar os potenciais riscos ambientais dos painéis fotovoltaicos produzidos nos últimos 30 anos em diferentes países, por meio da análise de 18 metais liberáveis e também os respectivos efeitos ecotoxicológicos (TAMMARO et al., 2016). É interessante notar que três das cinco pesquisas utilizaram a metodologia ACV para avaliar os impactos ambientais.

Economia circular, como um tema da atualidade, apresentou três pesquisas: promover uma economia circular na indústria solar fotovoltaica usando a simbiose do ciclo de vida para os painéis (MATHUR; SINGH; SUTHERLAND, 2020); economia circular baseada no aumento da eficiência dos recursos e na redução de desperdícios na gestão de painéis fotovoltaicos (SICA et al., 2018); e desafios técnicos e oportunidades na realização de uma economia circular para os resíduos, investigando e estabelecendo processos mais eficientes para reciclar os módulos de silício cristalino (FARRELL et al., 2020). Segundo

Farrel et al. (2020), para a maximizar a recuperação, valorizar e contribuir positivamente para a economia circular e o ambiente; é necessária uma abordagem com visão de futuro, isto é, projetar resíduos e implementar um bom *design* ecológico para os materiais usados na fabricação de módulos fotovoltaicos. No entanto, a indústria pode não se alinhar com essa abordagem e ainda há uma grande quantidade de módulos que atingirão seu estágio EoL usando o *design* atual.

Reciclagem e/ou recuperação de insumos foi o tema que apresentou mais pesquisas, com 17 artigos, sendo 14 de processos e três revisões de literatura. As perspectivas técnicas das pesquisas avaliam os processos de extração de insumos e a possibilidade de utilização desses insumos. São pesquisas que mostraram as tentativas de soluções para os problemas na geração dos resíduos da tecnologia fotovoltaica com indicação de prováveis usos desses resíduos ou dos insumos extraidos. Além disso, o artigo dos autores Islam et al. (2020) propuseram um sistema de logística reversa para a Austrália apresentando valores que poderão viabilizar o sistema. Os artigos sobre os processos, objetivos e os respectivos autores estão resumidos no Quadro 2.

Nº	Objetivo	Autor(es)/Ano
1	Projeto de rede de logística reversa para resíduos de painéis solares fotovoltaicos, estudo de caso em New South Wales, Austrália, utilizando a quantidade futura (ano 2047) estimada de resíduos	Islam et al., 2020
2	Recuperação de pó de silício proveniente de corte do material para produção de wafers para utilização na fabricação de cerâmica	Jin et al., 2020
3	Liberação de material de módulos solares em fim de vida abordando o fluxo de resíduos fotovoltaicos usando revisão da literatura e pesquisa com os stakeholders da indústria fotovoltaica	Nain e Kumar, 2020b
4	Destilação a vácuo de múltiplos estágios para recuperação de resíduos fotovoltaicos de telureto de cádmi	Zhang et al., 2020
5	Processo de recuperação de óxido de estanho e índio utilizados na fabricação de dispositivos fotovoltaicos de nova geração	Augustine et al., 2019
6	Processo para recuperar materiais valiosos derivados de painéis fotovoltaicos à base de silício no final da vida útil	Fiandra et al., 2019
7	Reciclagem de painéis fotovoltaicos em fim de vida sob a perspectiva química no desenvolvimento de processos	Padoan, Altimari e Pagnanelli, 2019
8	Valorização de resíduos gerados no setor de energia e utilizados na produção de vitrocerâmicas com a utilização de vidro, produzido no setor de energia renovável e da cinza volante de linhita, produzida no setor de energia convencional	Savvilotidouet al., 2019
9	Fabricação controlada de membrana híbrida hierárquica baseada em gavinha para a recuperação de telúrio dos resíduos fotovoltaicos	Yue et al., 2019
10	Membranas híbridas para extração de telúrio de resíduos	Yu et al., 2019
11	Cerâmica porosa aprimorada com bastão de mulita, preparada em baixa temperatura a partir de resíduos fotovoltaicos	Xing, Xiang e Ma, 2018
12	Remoção de telureto de cádmio em meio ácido por resina de troca iônica magnética utilizando uma potencial metodologia de reciclagem para resíduos fotovoltaicos de telureto de cádmio	Zhang et al., 2014
13	Processos de reciclagem de resíduos fotovoltaicos de calcogeneto de película fina por meio de processos viáveis	Marwede et al., 2013
14	Fluxos de reciclagem de telúrio a partir de resíduos fotovoltaicos de telureto de cádmio e uma estimativa numérica global de telúrio que poderá ser recuperado da sucata fotovoltaica para substituir o telúrio primário	Marwede e Reller, 2012

Quadro 2 – Artigos sobre processos de recuperação de resíduos

Fonte: Dados da pesquisa

As três revisões de literatura avaliaram a quantidade de metal e a taxa de lixiviação de metais lixiviados de resíduos fotovoltaicos em fim de vida (NAIN; KUMAR, 2020c) e identificaram lacunas e propuseram novas pesquisas para os módulos fotovoltaicos em fim de vida (MAHMOUDI et al., 2019). A revisão elaborada por Salim et al. (2019) abordou

drivers, barreiras e fatores facilitadores para o gerenciamento de fim de vida de sistemas de energia solar fotovoltaica e de baterias de armazenamento de energia. Os autores classificaram os *drivers* em três categorias (i) econômica, (ii) social e (iii) ambiental; as barreiras em cinco grupos, (1) política e econômica; (2) social; (3) mercado; (4) ambiental; e (5) infraestrutura de reciclagem; e os facilitadores também em cinco grupos: (1) político e econômico; (2) social; (3) mercado; (4) comportamental; e (5) tecnologia e infraestrutura de reciclagem. O que se nota é que o mesmo grupo pode ser um fator motivador ou facilitador e, ao mesmo tempo, uma barreira para o gerenciamento dos resíduos.

Pelas perspecticas de geração de resíduos, cinco pesquisas estimaram as quantidades que serão geradas nos próximos anos: Domínguez e Geyer (2019) estimaram em 9,8 milhões de toneladas métricas (Mt) de resíduos fotovoltaicos entre 2030 e 2060 nos Estados Unidos da América (EUA) baseados nos grandes projetos que ocorreram naquele país no final de 2015; Mahmoudi, Huda e Behnia (2019) consideraram a instalação de equipamentos para energia fotovoltaica de 2001 a 2018 na Austrália, e estimaram os resíduos acumulados em 800 mil de toneladas até 2047. Já Santos e Alonso-García (2018) fizeram a projeção dos resíduos fotovoltaicos na Espanha até 2050 como uma massa cumulativa da ordem de 700 mil toneladas; Domínguez e Geyer (2017) fizeram a avaliação dos futuros volumes de resíduos fotovoltaicos no México, por volta de 2045, e concluíram que será de 1,2 milhão de toneladas métricas os resíduos fotovoltaicos. Paiano (2015) avaliou os potenciais resíduos decorrentes do uso e das fases de final de vida dos sistemas de energia fotovoltaicos nos próximos anos e sua eliminação e / ou reciclagem na Itália.

Lisperguer et al. (2020) alertaram que é imprescindível reduzir os encargos ambientais dos atuais processos termoquímicos usados para reciclar silício e começar a considerar o papel fundamental dos princípios *Cradle-to-Cradle* (C2C) (ou do berço ao berço) para o *design* dos painéis dos sistemas de energia solar e de processos de reciclagem, visando a introdução de um sistema ciclo de material em malha fechada (CLMC).

Mahmoudi, Huda e Behnia (2020) concluíram que, no caso da Austrália, plantas com capacidade anual de processamento de 10 mil toneladas de painéis FV EoL não mostrou lucratividade em nenhuma condição, a menos que o governo australiano conceda isenção fiscal durante o período de duração do empréstimo do financiamento para a construção da planta. A avaliação de viabilidade econômica mostrou alguns números promissores para 20 mil toneladas por ano de fluxo de resíduos fotovoltaicos.

Também na Austrália, Islam et al. (2020) pesquisaram que dos 129 conselhos de estado, o modelo identificou 78 locais otimizados para pontos de coleta de resíduos e sugeriram a implantação de três grandes instalações de reciclagem. Citaram que foi a primeira tentativa de projetar uma rede de logística reversa (RL) otimizada na Austrália com foco em resíduos de equipamentos fotovoltaicos.

Nain e Kumar (2020a) ressaltaram a urgência de desenvolver um sistema adequado para coleta e gerenciamento de módulos em fim de vida, pois as crianças têm maior

risco de saúde, principalmente devido ao chumbo. Alguns metais, tais como cádmio (Cd), chumbo (Pb), índio (In), molibdênio (Mo) e telúrio (Te), apresentam riscos máximos para as subpopulações infantis e adultas por meio da via dérmica com origem no solo e seguida pela via de digestão.

Zhang et al. (2020) propuseram um método para a separação e recuperação de metais raros de resíduos de telureto de cádmio por meio de fundição de enxofre e destilação a vácuo. Essa tecnologia está fortemente alinhada com o princípio de “reduzir, reutilizar e reciclar” para resíduos sólidos e fornece uma base para o desenvolvimento sustentável da indústria fotovoltaica. Segundo Yu et al. (2019), o telureto de cádmio é um material semicondutor com alto valor comercial. Augustine et al. (2019) foram mais contundentes e alertaram que a reciclagem é um procedimento que consome muita energia em comparação com a estratégia de reutilização. Sugeriram então que a reutilização sistemática de componentes essenciais de dispositivos fotovoltaicos é uma opção muito melhor porque economiza a energia que vem incorporada na fabricação do material, purificação, padronização e re-fabricação dos componentes para os dispositivos.

Domínguez e Geyer (2017) sugeriram que, no México, utilizando uma tecnologia de reciclagem adequada, cerca de 920 mil toneladas métricas de resíduos fotovoltaicos poderiam ser recicladas, recuperando metais preciosos e valiosos como prata, ouro, gálio, índio, cádmio e telúrio.

Paiano (2015) alertou também que insumos com valores elevados, como metais e metais raros, são utilizados em alguns países e produzem resíduos fotovoltaicos em outros, devido às dificuldades de destinação. Portanto, é necessária uma política global para estabelecer e monitorar estratégias ambientais e econômicas adequadas para evitar efeitos de distorção. Santos e Alonso-García (2018) mencionaram que, além dos benefícios ambientais, a gestão de resíduos fotovoltaicos implicará no desenvolvimento de um novo setor industrial, com os consequentes benefícios econômicos e sociais.

4 | CONCLUSÃO

O objetivo da pesquisa foi verificar na literatura recente como está sendo tratada a produção, o gerenciamento e a valorização de resíduos dos sistemas fotovoltaicos de geração de energia e as possíveis propostas de solução para esses problemas. Os 30 artigos encontrados foram classificados em quatro categorias: impactos ambientais, economia circular, reciclagem e/ou recuperação de insumos e projeção da quantidade de resíduos.

Os artigos mostraram tanto a preocupação com os impactos ambientais que o uso da tecnologia trará no futuro, a projeção das quantidades de resíduos quanto as sugestões para tornar essa tecnologia uma fonte de matérias-primas seja dentro de uma economia circular ou sugerindo processos de extração dos insumos que estarão disponíveis após

terminar a vida útil dos equipamentos. Também exploraram a revisão de literatura com o objetivo de verificar as barreiras e lacunas citadas nessas literaturas e possibilidades de novas pesquisas. Portanto, o que se observa, é os pesquisadores buscando alternativas para minimizar os problemas que virão com o uso da tecnologia.

Mahmoudi, Huda e Behnia (2019) sugeriram que as pesquisas futuras deverão se concentrar na previsão dos fluxos de resíduos fotovoltaicos, no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem, na logística reversa e nas políticas de cada país consumidor de PV. Na mesma linha, Lisperguer et al. (2020) sugeriram que as pesquisas futuras deveriam avaliar os impactos ambientais de EoL para os projetos de painéis fotovoltaicos, sistema de transporte de energia e metodologias alternativas de reciclagem.

Padoan, Altimari e Pagnanelli (2019) apresentaram um julgamento positivo dos processos de uso dos resíduos e citaram que, mesmo considerando os aspectos negativos gerados pela reciclagem de painéis fotovoltaicos, os processos são convenientes, pois a utilização de energia em um processo de reciclagem é menor do que a fabricação de um novo painel.

Sica et al. (2018) alertaram que, independente da tecnologia empregada, é importante observar que substâncias consideradas tóxicas ao meio ambiente e a saúde humana, como Cd e Pb, são utilizadas em pequenas quantidades na fabricação de módulos fotovoltaicos. Mas, em contrapartida, a quantidade significativa de resíduos que serão gerados no futuro impõe a necessidade de monitorar o uso de tais substâncias para evitar que representem ameaças à saúde humana e ao meio ambiente.

Este estudo tem como limitante, a consulta somente a uma base de dados (*ScienceDirect*), o que limita as conclusões aqui expressas, mas não deixa de ser relevante, pois a maioria dos periódicos consultados está classificada no extrato Qualis A1, período 2013-2016 e com fator de impacto superior a 2.770. Sugere-se a extensão desta pesquisa utilizando outras bases, como, por exemplo *Scopus* e *Web of Science*, e comparar com os resultados aqui encontrados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 14001** Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AUGUSTINE, B. et al. Recycling perovskite solar cells through inexpensive quality recovery and reuse of patterned indium tin oxide and substrates from expired devices by single solvent treatment. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 194, p. 74-82, 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**, 5a ed. Lisboa: Edições 70. Lda, 2009.

DIAS, C. L. A. et al. Performance estimation of photovoltaic technologies in Brazil. **Renewable Energy**, v. 114, part B, p. 367-375, 2017.

DOMÍNGUEZ, A.; GEYER, R. Photovoltaic waste assessment of major photovoltaic installations in the United States of America. **Renewable Energy**, v. 133, p. 1188-1200, 2019.

DOMÍNGUEZ, A.; GEYER, R. Photovoltaic waste assessment in Mexico. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 29-41, 2017.

FAIRCLOTH, C. C. et al. The environmental and economic impacts of photovoltaic waste management in Thailand. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 143, p. 260-272, 2019.

FARRELL, C. C. et al. Technical challenges and opportunities in realising a circular economy for waste photovoltaic modules. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 128, 109911, 2020.

FIANDRA, V. et al. Silicon photovoltaic modules at end-of-life: Removal of polymeric layers and separation of materials. **Waste Management**, v. 87, p. 97-107, 2019.

GARLET, T. B. et al. Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 157-169, 2019.

ISLAM, T. et al. Reverse logistics network design for waste solar photovoltaic panels: A case study of New South Wales councils in Australia. **Waste Management & Research**, v.28, p. 1-10, 2020.

JIN, X. Preparation of reactive sintering Si3N4-Si2N2O composites ceramics with diamond-wire saw powder waste as raw material. **Journal of Hazardous Materials**, v. 400, p. 1-9, 2020.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D. HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 221-232, 2017.

KRAAN, O. The influence of the energy transition on the significance of key energy metrics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 215-223, 2019.

LISPERGUER, R. C. et al. Environmental impact assessment of crystalline solar photovoltaic panels' end-of-life phase: open and closed-loop material flow scenarios. **Sustainable Production and Consumption**, v. 23, p. 157-173, 2020.

MAHMOUDI, S. et al. End-of-life photovoltaic modules: a systematic quantitative literature review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 146, p. 1-16, 2019.

MAHMOUDI, S.; HUDA, N.; BEHNIA, M. Photovoltaic waste assessment: forecasting and screening of emerging waste in Australia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 146, p. 192-205, 2019.

MAHMOUDI, S.; HUDA, N.; BEHNIA, M. Environmental impacts and economic feasibility of end of life photovoltaic panels in Australia: a comprehensive assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 120996, p.1-20, 2020.

MAHMOUDI, S.; HUDA, N.; BEHNIA, M. Critical assessment of renewable energy waste generation in OECD countries: decommissioned PV panels. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 164, p. 1-12, 2021.

MARWEDE M. et al. Recycling paths for thin-film chalcogenide photovoltaic waste – Current feasible processes. **Renewable Energy**, v. 55, p. 220-229, 2013.

MARWEDE, M.; RELLER, A. Future recycling flows of tellurium from cadmium telluride photovoltaic waste. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 69, p. 35-49, 2012.

MATHUR, N.; SINGH, S.; SUTHERLAND, J. W. Promoting a circular economy in the solar photovoltaic industry using life cycle symbiosis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 155, 104649, p. 2020.

NAIN, P.; KUMAR, A. Ecological and human health risk assessment of metals leached from end-of-life solar photovoltaics. **Environmental Pollution**, v. 267, 115393, p. 1-13, 2020a.

NAIN, P.; KUMAR, A. Understanding the possibility of material release from end-of-life solar modules: A study based on literature review and survey analysis. **Renewable Energy**, v. 160, p. 903-918, 2020b.

NAIN, P.; KUMAR, A. Initial metal contents and leaching rate constants of metals leached from end-of-life solar photovoltaic waste: an integrative literature review and analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 119, 109592, p. 1-20, 2020c.

PAIANO, A. Photovoltaic waste assessment in Italy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 99-112, 2015.

PADOAN, F. C. S. M.; ALTIMARI, P.; PAGNANELLI, F. Recycling of end of life photovoltaic panels: a chemical prospective on process development. **Solar Energy**, v. 177, p. 746-761, 2019.

SALIM, H. K. et al. Drivers, barriers and enablers to end-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 211, p. 537-554, 2019.

SANTOS, J. D.; ALONSO-GARCÍA, M. C. Projection of the photovoltaic waste in Spain until 2050. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 1613-1628, 2018.

SAVVILOTIDOU, V. et al. Energy efficient production of glass-ceramics using photovoltaic (P/V) glass and lignite fly ash. **Waste Management**, v. 90, p. 46-58 2019.

SICA, D. et al. Management of end-of-life photovoltaic panels as a step towards a circular economy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2934-2945, 2018.

TAMMARO, M. et al. Experimental investigation to evaluate the potential environmental hazards of photovoltaic panels. **Journal of Hazardous Materials**, v. 306, p. 395-405, 2016.

XING, Z.; XIANG, D.; MA, Y. Mullite rod-enhanced porous SiC ceramics prepared at low temperature from photovoltaic waste. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 38, n. 15, p. 4842-4849, 2018.

WEBSTER, J.; WATSON, R. T. Analyzing the past to prepare for de future: writing a literature review. **MIS Quarterly**, v. 26, n. 2, p. 13-23, 2002.

YU, H. In situ fabrication of dynamic nano zero-valent iron/activated carbon nanotubes membranes for tellurium separation. **Chemical Engineering Science**, v. 205, p. 278-286, 2019.

YUE, X. et al. Controllable fabrication of tendril-inspired hierarchical hybrid membrane for efficient recovering tellurium from photovoltaic waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 230, p. 966-973, 2019.

ZHANG, T. et al. Removal of CdTe in acidic media by magnetic ion-exchange resin: a potential recycling methodology for cadmium telluride photovoltaic waste. **Journal of Hazardous Materials**, v. 279, p. 597-604, 2014.

ZHANG, X. et al. Application of multi-stage vacuum distillation for secondary resource recovery: potential recovery method of cadmium telluride photovoltaic waste. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 9, n. 4, p. 6977-6986, 2020.

CAPÍTULO 16

BANCOS DE GERMOPLASMA COMO RECURSO DE PRESERVAÇÃO FLORÍSTICA NO RIO GRANDE DO SUL

Data de aceite: 01/12/2021

Claudia Toniazzo
Bióloga, Gerente Técnica da Alltech Crop Science
Belo Horizonte – MG
http://lattes.cnpq.br/4635071252036589

Sandra Patussi Brammer
Bióloga, pesquisadora da Embrapa Trigo
Passo Fundo – RS
http://lattes.cnpq.br/0831352052358625

RESUMO: O desaparecimento de espécies nativas da flora Riograndense representa sério problema ambiental, sendo que estratégias de conservação, de modo eficiente e organizado, são demandas urgentes, visando à minimização deste prejuízo. Neste estudo, fizemos um levantamento quanto à existência e organização de Bancos de Germoplasma que conservem material genético viável de espécies de flora nativa ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul. Após prévio levantamento, foi possível verificar que existem instituições e universidades no Estado que estão trabalhando com alguns projetos de preservação de germoplasma para espécies nativas. Através de contatos via telefone e/ou endereço eletrônico, foi verificado que 238 espécies nativas da flora Riograndense estão sendo protegidas por Banco de Germoplasma distribuídas entre seis instituições públicas, das 20 inicialmente contatadas. Destas 238 espécies nativas, 28 estão listadas como ameaçadas de extinção. Com este trabalho, pretendemos disponibilizar para a comunidade científica e público em geral, os dados levantados e alertar quanto à problemática das espécies da flora nativa Riograndense ameaçadas de extinção que não estão protegidas e conservadas em Bancos de Germoplasma.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos genéticos, espécies nativas, conservação de germoplasma.

GENEBANK AS RESOURCE OF FLORISTIC PRESERVATION IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: The disappearance of native species of the Rio Grande do Sul State represents serious environmental problem, and conservation strategies, and efficiently organized, are urgent demands in order to minimize this damage. In this study, we conducted a survey regarding the existence and organization of Germplasm Banks that conserve viable genetic material of species of native flora threatened with extinction. After preliminary survey, we observed that there are institutions and universities in the Rio Grande do Sul State that are working with some germplasm conservation projects for native species. Through contacts via telephone and/or e-mail address was found that 238 native species being protected by the Germplasm Bank distributed among six public institutions, from 20 initially contacted**.** Of these 238 native species, 28 are listed as species threatened with extinction. With this work, we intend to make available for the scientific community and general public, the data and alert regarding the problem of the native species threatened with extinction which are not protected and conserved in Germplasm Banks.

KEYWORDS: Genetics resources, native species, conservation of germoplasm.

1 I INTRODUÇÃO

Diversos fatores antrópicos vêm causando a diminuição de espécies arbóreas nativas do Sul do Brasil. Essas espécies são particularmente vulneráveis porque muitas se encontram em reduzido número populacional devido ao desmatamento, queimadas e cultivos agrícolas. Além disso, em comparação com as espécies cultivadas, há reduzido número de trabalhos de pesquisa com espécies florestais nativas. A necessidade de conservação de espécies florestais (tropicais e subtropicais) é constante, devido à tendência de aumentar cada vez mais a demanda social e científica pela conservação das florestas e recuperação de áreas ambientalmente degradadas. Quando usados conscientemente, os recursos fornecidos por espécies vegetais variam desde aspectos ambientais até aspectos de sustentabilidade de recursos, através de reflorestamento, recomposição de áreas degradadas, obtenção de mel, frutos, pólen, madeira, carvão, biomassa, uso medicinal e industrial, sequestro de carbono, dentre outros (SARMENTO; VILLELA, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2012), a conservação dos ecossistemas naturais, sua flora, fauna e os microrganismos, garantem a sustentabilidade dos recursos naturais e permite a manutenção de vários serviços essenciais à manutenção da biodiversidade, como a polinização, reciclagem de nutrientes, fixação de nitrogênio no solo, dispersão de propágulos e sementes, entre outros. Esses serviços garantem o bem-estar das populações humanas e raramente são valorados economicamente.

Em âmbito nacional, estima-se um total de 55 mil espécies vegetais, representando a grande diversidade da flora brasileira. Considerando apenas a flora do estado do Rio Grande do Sul, este possui um número estimado de pelo menos cinco mil espécies de plantas vasculares nativas. Destas, cerca de 10% (514 espécies) são árvores (REITZ et al., 1983), com um número desconhecido de arbustos, ou outras formas de vida (BRACK et al., 2007).

Estima-se que o desmatamento de florestas tropicais na década de 1990 foi de 14,2 milhões de hectares por ano (SENADO FEDERAL, 2012), embora ainda não é possível estabelecer uma tendência de estabilização ou diminuição ao longo do tempo (PEREIRA, 2011). A preocupação com a perda da biodiversidade está sendo demonstrada com o diagnóstico das regiões denominadas *hotspots* de biodiversidade (MYERS et al., 2000). A devastação da flora nativa é responsável direta por perdas de solo, alteração nos rios e principalmente pelo empobrecimento da fauna (FRANCK FILHO, 2005).

Várias publicações têm ressaltado a importância do uso de estratégias alternativas de preservação da biodiversidade (CHAPIN et al., 2000). Esses fatores vêm fortalecendo as políticas ambientais na promoção do aumento de demanda de sementes e mudas de espécies nativas, que constituem insumo básico nos programas de recuperação ou

conservação de ecossistemas, melhoramento vegetal e biotecnologia. A conservação da biodiversidade envolve os métodos in situ e *ex situ* (SARMENTO; VILLELA, 2010).

O método de conservação *ex situ* consiste na conservação das espécies fora do seu habitat, o que implica na proteção externa à área de distribuição da população genitora e deve ser realizado de forma complementar à conservação *in situ* (BRASIL, 2000). Pode ser feita através de jardins botânicos, fundações botânicas, arboretos, coleções de germoplasma e cultivo *in vitro*. A conservação *in vitro* envolve a manutenção de plantas em laboratório, mediante subculturas periódicas de segmentos apicais e nodais (CIAT, 1984).

A conservação *ex situ* pode ainda ser realizada por meio do armazenamento de sementes, em condições de temperatura e umidade baixa, câmara fria e seca, resfriamento em refrigerador, congelamento em freezer ou criopreservação em nitrogênio líquido (ABADIE; BARRETA, 2001). A conservação *in situ* por sua vez consiste na manutenção e recuperação de populações viáveis de espécies em seus ecossistemas e habitats naturais de ocorrência (EIRA, 2001).

Para a minimização desta grande perda, destacam-se os Bancos de Germoplasma, que visam manter as espécies fora de seus locais de origem, de forma acessível para a pesquisa e conservando os recursos genéticos que são um reservatório natural de genes com potencial de uso para a produção sustentável de gêneros essenciais à humanidade, tais como alimentos, fibras e medicamentos. Esses materiais permitem estudar e desenvolver estratégias de conservação para gerações atuais e futuras (EMBRAPA, 2012).

Conhecer coleções e Bancos de Germoplasma torna-se questão obrigatória para qualquer trabalho de gestão de recursos genéticos, necessidade que vem sendo exaustivamente discutida no país, especialmente nos fóruns de recursos genéticos. Tal gestão se viabiliza com a obtenção de dados básicos de localização, representatividade, conservação, infraestrutura, intercâmbio e de outras necessidades apontada por seus curadores ou zeladores. Todo este manancial vem sendo mantido por pessoas que entendem a relevância dos recursos genéticos para as gerações futuras (VEIGA, 2011).

Portanto, considerando indispensáveis os Bancos de Germoplasma para conservação de espécies ameaçadas, o objetivo do presente trabalho foi verificar a organização e o uso destes bancos como estratégia de conservação florística para espécies nativas no Rio Grande do Sul, além de levantar sugestões de organização para disponibilização de informações quanto à preservação destas espécies.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Como estratégia inicial do trabalho, no ano de 2012, foram realizadas busca nos sites dos Ministérios Federais, Secretarias Estaduais, Instituições de Pesquisa Pública e Universidades que possivelmente estariam trabalhando com a organização de Bancos de Germoplasma no Brasil, mas principalmente no Rio Grande do Sul voltados à área

de conservação de espécies nativas ameaçadas de extinção. Posteriormente, foram feitos contatos diretos com os responsáveis destes setores via ligações telefônicas e e-mail. Paralelo a estes meios de contato, foram realizadas consultas em bases de dados disponíveis nos Bancos Ativos de Germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, visando o acesso a outros documentos informativos quanto à conservação de espécies vegetais ameaçadas de extinção, uma vez que a Embrapa tem como uma de suas funções a conservação de organismos vegetais tanto *ex situ* como *in situ*.

Para a coleta de dados, foram organizados e enviados questionários para 20 Instituições brasileiras, sediada no Rio Grande do Sul (Tabela 1), de acordo com os seguintes critérios: informações sobre a existência de Bancos de Germoplasma; levantamentos de quais espécies da flora nativa Riograndense estão sendo preservadas nos Bancos de Germoplasma das referidas instituições e quais os meios de conservação. Os resultados obtidos das bases de dados e dos questionários foram sumarizados em tabelas e gráficos e avaliados por números descritos em porcentagem.

A pesquisa fez parte do requisito do Curso de Especialização em Biologia da Conservação da Natureza do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Passo Fundo/RS, da primeira autora.

3 | RESULTADOS

Das 20 instituições as quais tentamos contato, 19 obtivemos retorno (Tabela.1). Destas, somente seis possuem Banco de Germoplasma, sendo que as respectivas espécies conservadas estão descritas na Tabela 2. No total, obtivemos dados sobre 238 espécies nativas da flora Riograndense preservadas nos Banco de Germoplasma nas referidas instituições, embora 28 são as espécies já ameaçadas de extinção e que estão conservadas nestes bancos (Tabela 3).

Instituição	Site	Meio de acesso a informação		Banco de Germoplasma	
		E-mail	Telefone	Sim	Não
Embrapa Trigo	http://www.cnpt.embrapa.br		X	X	
Embrapa Pecuária Sul	http://www.cppsul.embrapa.br	X	X	X	
Embrapa Uva e Vinho	http://www.cnpuv.embrapa.br		X		
Embrapa Clima Temperado	http://www.cpact.embrapa.br	X	X	X	

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	http://www.icmbio.gov.br	X	X		X
Ministério do Meio Ambiente	http://www.mp.rs.gov.br/ambiente		X		X
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	http://www.ibama.gov.br/sul/rs		X		X
Fundação Estadual de Proteção Ambiental	http://www.fepam.rs.gov.br		X		X
Secretaria Estadual do Meio Ambiente	http://www.sema.rs.gov.br		X		X
Jardim Botânico de Porto Alegre	http://www.fzb.rs.gov.br/jardimbotanico	X	X	X	
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	http://www.ufrgs.br	X	X	X	
Universidade Federal de Santa Maria	http://www.ufsm.br	X	X		X
Universidade Federal de Rio Grande	http://furg.br		X		X
Universidade de Santa Cruz	http://www.unisc.br/portal/pt/	X	X		X
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	http://www3.pucrs.br		X		X
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões	http://www.uri.br		X		X
Universidade de Passo Fundo	http://www.upf.br	X	X		
Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária	http://www.fepagro.rs.gov.br	X	X	X	
Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural	http://emater.tche.br		X		

Tabela 1. Instituições contatadas para levantamento de dados referentes à organização e conservação de espécies da flora nativa do Estado do Rio Grande do Sul, por meio de Banco de Germoplasma

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Embrapa Pecuária Sul	Jardim Botânico de Porto Alegre	Embrapa Clima Temperado	Embrapa Trigo
Albizia niopoides	*Adesmia arillata*	*Bromus auleticus*	*Aspidosperma riedelii*	*Baccharis aliena*	*Hordeum stenostachis*
Allophyllus edulis	*Adesmia ciliata*	*Bromus brachyanthera*	*Azara uruguayensis*	*Brasiliorchis porphyrostele*	
Apuleia leicorpa	*Adesmia latifolia*	*Paspalum almum*	*Buddleja ramboi*	*Butia odorata*	
Apuleia leicorpa	*Adesmia paranensis*	*Paspalum barretoi*	*Butia eriospatha*	*Calibrachoa excellens*	
Araucaria angustifolia	*Adesmia psoraleoides*	*Paspalum conduplicatum*	*Butia yatay*	*Cattleya intermedia*	
Ateleia glazioviana	*Adesmia punctata*	*Paspalum denticulatum*	*Callisthene inundata*	*Colletia paradoxa*	
Balfourodendron riedelianum	*Adesmia reitziana*	*Paspalum dilatatum*	*Castela tweediei*	*Daphnopsis racemosa*	

Bauhinia forficata	*Adesmia rocinhensis*	*Paspalum distichum*	*Ephedra tweedieana*	*Dyckia remotiflora*
Bixa orellana	*Adesmia tristis*	*Paspalum durifolium*	*Erythroxylum substriatum*	*Eriocaulon magnificum*
Blepharocalyx salicifolius	*Adesmia vallsii*	*Paspalum ellipticum*	*Esenbeckia hieronymi*	*Glandularia selloi*
Butia eriospatha	*Baccharis crispa*	*Paspalum equitans*	*Lafoensia nummulariifolia*	*Hypericum connatum*
Butia odorata	*Baccharis cylindrica*	*Paspalum guenoarum*	*Laplacea fruticosa*	*Limonium brasiliense*
Cabralea canjerana	*Baccharis jocheniana*	*Paspalum indecorum*	*Margaritaria nobilis*	*Mandevilla coccínea*
Caesalpinea ferrea	*Baccharis myriocephala*	*Paspalum ionanthum*	*Myrcia sosias*	*Maytenus aquifolium*
Caesalpinia Peltophoroides	*Baccharis spicata*	*Paspalum lepton*	*Ocotea odorifera*	*Maytenus ilicifolia*
Calliandra brevipes	*Baccharis trimera*	*Paspalum maculosum*	*Persea willdenovii*	*Oncidium longipes*
Calliandra tweediei	*Briza ambigua*	*Paspalum mandiocanum*	*Podocarpus sellowii*	*Ruellia angustifólia*
Campomanesia guazumifolia	*Briza bidentata*	*Paspalum modestum*	*Pomaria rubicunda*	*Salvia procurrens*
Campomanesia xanthocarpa	*Briza calotheca*	*Paspalum notatum*	*Schlechtendalia luzulifolia*	*Schinus lentiscifolius*
Casearia sylvestris	*Briza erecta*	*Paspalum paniculatum*	*Tropaeolum pentaphyllum*	*Tibouchina asperior*
Cedrela fissilis	*Briza juergensii*	*Paspalum pauciciliatum*	*Xylopia brasiliensis*	
Centrolobium tomentosum	*Briza macrostachya*	*Paspalum paucifolium*		
Citharexylum montevidense	*Briza monandra*	*Paspalum plicatulum*		
Cordia americana	*Briza rufa var. rufa*	*Paspalum polyphyllum*		
Cordia trichotoma	*Briza rufa var. sprsipilosa*	*Paspalum pumilum*		
Cupania vernalis	*Briza rufa var. sprsipilosa*	*Paspalum quarinii*		
Enterolobium contortisiliquum	*Briza subaristata*	*Paspalum ramboi*		
Enterolobium contortisiliquum	*Briza subaristata var. interrupta*	*Paspalum rufum*		
Erythrina crista-galli	*Briza uniolae*	*Paspalum stellatum*		
Erythrina falcata	*Briza uniolae*	*Paspalum urvillei*		
Erythroxylum deciduum	*Calydorea alba*			
Eugenia involucrata	*Calydorea approximata*			

Eugenia myrcianthes	*Calydorea basaltica*
Eugenia pyriformis	*Calydorea campestris*
Eugenia rostrifolia	*Calydorea crocoides*
Eugenia uniflora	*Capanemia adelaidae*
Euterpe edulis	*Capanemia micromera*
Ficus luschnathiana	*Capanemia superflua*
Ficus organensis	*Capanemia therezae*
Gochnatia polymorpha	*Chascolytrum parodianum*
Handroanthus albus	*Erianthecium bulbosum*
Handroanthus chrysotrichus	*Habenaria dutraei*
Handroanthus chrysotrichus	*Habenaria exaltata*
Handroanthus heptaphyllus	*Habenaria henscheniana*
Helietta apiculata	*Habenaria megapotamensis*
Inga marginata	*Habenaria montevidensis*
Inga vera	*Habenaria pentadactyla*
Jacaranda micrantha	*Herbertia pulchella*
Lafoensi pacari	*Ilex chamaedryfolia*
Lithraea molleoides	*Polygala aspalatha*
Lonchocarpus muehlbergianus	*Polygala brasiliensis*
Luehea divaricata	*Polygala campestris*
Machaerium paraguariense	*Polygala cyparissias*
Matayba elaeagnoides	*Polygala densiracemosa*
Maytenus ilicifolia	*Polygala extraaxillaris*
Mimosa bimucronata	*Polygala linoides*
Mimosa scabrella	*Polygala pulchella*

Myracroduon balansae	*Polygala riograndensis*
Myrcianthes pugens	*Psilocybe caeruleoannulata*
Myrciaria cauliflora	*Psilocybe cf. argentina*
Myrocarpus frondosus	*Psilocybe cf. bullacea*
Myrsine ferruginea	*Psilocybe coprophila*
Myrsine umbellata	*Psilocybe muscorum*
Nectandra lanceolata	*Psilocybe wrightii*
Nectandra megapotamica	*Rhynchospora cf. tenuis*
Ocotea puberula	*Rhynchospora corymbosa*
Ocotea pulchella	*Rhynchospora setigera*
Parapiptadenia rigida	*Scleria latifolia*
Peltophorum dubium	*Sisyrinchium bromelioides*
Peltophorum dubium	*Sisyrinchium caeteanum*
Phytolacca dioica	*Sisyrinchium megapotamicum*
Plinia rivularis	*Sisyrinchium micranthum*
Podocarpus lambertii	*Sisyrinchium nidulare*
Psidium cattleianum	*Sisyrinchium ostenianum*
Psidium cattleianum	*Sisyrinchium palmifolium*
Pterogyne nitens	*Sisyrinchium rambonis*
Rollinia rugulosa	*Sisyrinchium rectilineum*
Ruprechtia laxiflora	*Sisyrinchium scariosum*
Schefflera morototoni	*Sisyrinchium sellowianum*
Schinus molle	*Sisyrinchium setaceum*
Schinus terebinthifolius	*Trimezia spathata*
Schizolobium parahyba	

Syagrus romanzoffiana
Symplocos uniflora
Vitex megapotamica
Zanthoxylum caribaeum

Tabela 2. Espécies nativas da flora Riograndense preservadas nos Bancos de Germoplasma e respectivas instituições

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Jardim Botânico de Porto Alegre	Embrapa Clima Temperado
Apuleia leicorpa	*Erianthecium bulbosum*	*Azara uruguayensis*	*Cattleya intermedia*
Apuleia leicorpa	*Ilex chamaedryfolia*	*Butia eriospatha*	*Colletia paradoxa*
Araucaria angustifolia		*Callisthene inundata*	*Dyckia remotiflora*
Butia eriospatha		*Castela tweediei*	*Mandevilla coccinea*
Euterpe edulis		*Ephedra tweedieana*	*Maytenus aquifolium*
Gochnatia polymorpha		*Erythroxylum substriatum*	*Tibouchina asperior*
Myrocarpus frondosus		*Esenbeckia hieronymi*	
		Lafoensia nummulariifolia	
		Margaritaria nobilis	
		Myrcia sosias	
		Ocotea odorifera	
		Podocarpus sellowii	
		Schlechtendalia luzulifolia	
		Tropaeolum pentaphyllum	
		Xylopia brasiliensis	

Tabela 3. Espécies nativas da flora Riograndense ameaçadas de extinção, preservadas nos Bancos de Germoplasma e respectivas instituições

4 | DISCUSSÃO

As seis instituições que nos enviaram dados sobre as espécies as quais conservam, trabalham com diferentes formas de Banco de Germoplasma. As unidades descentralizadas da Embrapa (Trigo e Pecuária Sul) bem como a Fepagro, possuem Bancos de Germoplasma pelo método de preservação de sementes (*ex situ*). O armazenamento de sementes é um dos métodos mais utilizados em razão de que a maioria das espécies produz sementes que suportam baixas temperaturas e secagem sem perder o poder de germinação após longos períodos de armazenamento (ENGELMANN, 2004).

A Embrapa Clima Temperado possui também Banco de Germoplasma através de sementes, porém exclusivamente para a espécie *Butia odorata.* A instituição trabalha ainda com a modalidade de Banco de Germoplasma *in situ*, ou seja, nos seus locais de ocorrência. Porém, no caso das espécies de batata silvestre coletadas no Rio Grande do Sul, a conservação é feita *in vitro*. A conservação *in vitro* consiste na manutenção da cultura

em taxas de crescimento reduzido por meio da diminuição da temperatura de incubação e da adição de retardantes osmóticos e hormonais ao meio de cultura (ZEE; MUNEKATA, 1992).

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, representada pelo departamento de Botânica, também possui Banco de Germoplasma *ex situ*, entretanto o modo de preservação é via Banco de DNA, o que significa uma excelente estratégia quando uma instituição não possuiu câmaras de conservação apropriadas ou se o modo de obtenção de sementes é difícil.

No caso do Banco de Germoplasma do Jardim Botânico de Porto Alegre, este é do tipo arboreto (*in vivo*), que consiste em uma área destinada para o cultivo de uma coleção de árvores, arbustos, plantas herbáceas, ornamentais ou outras, mantidas e ordenadas cientificamente, em geral documentadas e identificadas, com as finalidades de recreação, educação, preservação e pesquisa.

Segundo Marcuzzo et al. (1998), o estado do Rio Grande do Sul, através do trabalho coeso entre órgãos governamentais, ONG's e comunidade, tem procurado alcançar a otimização da aplicação de recursos públicos para consolidar gradativamente o conceito de reservas da biosfera na porção de seu território caracterizado pela Mata Atlântica. Porém, de acordo com o Texto da Norma DEC: 42.099, publicado pela Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul em 31 de dezembro de 2002, 613 espécies da flora nativa estão ameaçadas de extinção (http://www.al.rs.gov.br).

Diante dos dados obtidos, verificamos que apenas 2,1% das espécies relatadas na Norma DEC: 42.099 (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE SUL, 2012), estão preservadas por Bancos de Germoplasma no Rio Grande do Sul. Deste modo, pretendemos através da comunicação dos dados levantados ressaltar a importância da organização e preservação das espécies da flora nativa Riograndense em Bancos de Germoplasma, pois representam um patrimônio da humanidade que devem ser conservados para posteriormente serem multiplicados na tentativa de novamente fazerem parte da flora nativa do Estado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Drs. Adeliano Cargnin, Ana Cristina Mazzocato, Adilson Tonietto, Rosa Lia Barbieri, Mara Rejane Ritter e Rosana Farias Singer pela atenção e colaboração com dados para esta pesquisa. À Embrapa Trigo pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS

ABADIE, T.; BERRETA, A. Caracterización y evaluación de recursos fitogeneticos. In.: Barreta, A.; Rivas, M.C. (eds). **Estrategia em recursos fitogeneticos para los paises del Cono Sur. Montevideo: Procisur** (Série Documentos), 2001.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE SUL, **Texto da Norma DEC: 42.099**. Disponível em http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=320&hTexto=&Hid_IDNorma=320. Acesso em: 18/10/2012.

BRACK, P.; SINGER, R.F.; CASAGRANDE, A.; PEDROLLO, C.T.; MILANESI, L.S.; GRINGS, M.; PANIZZI, R.; TALBOT, V. 2007. **Levantamento preliminar da flora e da vegetação do vale do rio Pelotas, no município de Bom Jesus, RS, e a importância de sua conservação**. Disponível em http://www.inga.org.br/docs/levantamento_preliminar_vegetacao_paiquere.pdf. Acesso em: 10/10/2012.

CHAPIN, F.S.; ZAVELETA, E.S.; EVINER, V.T.; NAYLOR, R.L.; VITOUSEK, S.S; LAVOREL, H.L.; REYNOLDS, D.U.; HOOPER, O.E.; SALA, S.E.; HOBBIE, M.C.; MACK, S. Consequences of changing biotic diversity. **Nature,** v. 405, p. 234–242., 2000.

CIAT. El cultivo de meristemas para la conservación de germoplasma de yuca in vitro; unidad audiotutorial. **Guia de Estudio**. Cali, 1984. 44 p.

EIRA, M.T.S. Conservação de germoplasma na forma de sementes, *in vitro* e criopreservação. In: Sirgealc - **Simpósio de recursos genéticos para a América Latina e Caribe**, 3.; Reunião latino americana de especialistas em *Arachis*, 3.; Reunião latino americana de especialistas em recursos genéticos florestais, 3., 2001, Londrina: IAPAR, 2001. p. 30-32.

ENGELMAN, F. Plant cryopreservation: progress and prospects. ***In vitro*** **Cellular and Developmental Biology – Plant.** v 40, p.427-433, 2004.

EMBRAPA, **BAG ajuda na conservação da diversidade das espécies.** 2012. Disponível em http://www.cpaa.embrapa.br/recursos-geneticos-e-biotecnologia/pesquisas-ajudam-na-conservacao-e-estudo-da-diversidade-das-especies-1. Acesso em: 02/07/2012.

SENADO FEDERAL. **Relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).** Disponível em http://www.senado.gov.br/NOTICIAS/JORNAL/EMDISCUSSAO/codigo-florestal/organizacao-nacoes-unidas-para-agricultura-alimentacao-fao.aspx. Acesso em: 0209/2012.

FRANCK FILHO, F.H. **Seleção de espécies arbóreas nativas da região sul do Brasil para reflorestamento e emprego na arquitetura e no design**. 2005. 140 f. Trabalho de conclusão – Curso de Mestrado profissionalizante em engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

MARCUZZO, S.; PAGEL, S.; CHIAPPETTI, I. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul:** Situação atual, ações e perspectivas. São Paulo, José Pedro de Oliveira Costa. 60p., 1998.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção, Sobreexplotadas ou Ameaçadas de Sobreexplotação**. Disponível em http://www.mma.gov.br/biodiversidade/esp%C3%A9cies-amea%C3%A7adas-de-extin%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 08/10/2012.

MYERS, N.,R.A.; MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

PEREIRA, M.C. **Avaliação de compostos bioativos em frutos nativos do Rio Grande do Sul.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. 133p.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, v. 34/35, p. 1-526, 1983.

SARMENTO, M.B.; VILLELA, F.A. Sementes de espécies florestais nativas do Sul do Brasil. **Informativo Abrates**, v.20. n.1,2. p.39-44. 2010.

VEIGA, R.F.A.; CORADIN, L.; TOMBOLATO, A.F.C. **Levantamento preliminar das coleções e BAGs conservados in situ, on farm e ex situ na região sudeste do Brasil. 2011.** Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/bags/index.htm. Acesso em:12/4/2012.

ZEE, F.T.; MUNEKATA, M. In vitro storage of pineapple (*Ananás* spp.) germplasm. **HortScience**, v.27, p.57-58, 1992.

CAPÍTULO 17

INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS E BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS E NA CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Data de aceite: 01/12/2021
Data de submissão: 08/11/2021

Dalvana de Sousa Pereira
Universidade José do Rosário Vellano
Alfenas, Minas Gerais
https://orcid.org/0000-0002-7996-638X

Flávia Romam da Costa Souza
Universidade José do Rosário Vellano
Alfenas, Minas Gerais
https://orcid.org/0000-0003-0482-822X

Ligiane Aparecida Florentino
Universidade José do Rosário Vellano
Alfenas, Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/3699622468467325

Franciele Conceição Miranda de Souza
Universidade José do Rosário Vellano
Alfenas, Minas Gerais
https://orcid.org/0000-0002-3010-1254

Adauton Vilela Rezende
Universidade José do Rosário Vellano
Alfenas, Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/8772511485766191

RESUMO: Diante da perspectiva de crescimento populacional a demanda alimentar aumentará exponencialmente, entretanto há entraves para aumento da produção agrícola no Brasil devido as enormes faixas de terras improdutivas. A restruturação e adaptação dessas áreas é primordial, contudo, deve garantir a produtividade de forma sustentável e resiliente. A microbiota do solo é diversa, contudo, os fungos e as bactérias são os principais microrganismos que metabolização os principais serviços ecossistêmicos, entretanto a biodiversidade destes se altera frente às várias condições físicas, químicas e biológicas do solo. Os fungos micorrízicos arbusculares FMAs são biotróficos obrigatórios que estabelecem associações mutualísticas com as raízes das plantas desenvolvendo estruturas intracelulares e extracelulares que absorvem água, nutrientes e agregam as partículas do solo. As bactérias fixadoras de N_2 ou diazotróficos estabelecem simbioses, ou se associam facultativamente as plantas, contribuindo para crescimento vegetativo pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), como em diversos mecanismos como produção de fitohormônios e solubilização de fosfatos inorgânicos. Estudos relatam que a interação entre os microrganismos, favorece processos de germinação dos esporos de FMA, maior exsudação de nutrientes pela planta, intensificando o crescimento bacteriano, aumento na absorção de nutrientes entre outros processos na incrementação do desenvolvimento vegetativo. Dessa forma apresentando a importância desses microrganismos contribui para a inserção de manejos sustentáveis na recuperação de áreas para aumento da produção mundial.

PALAVRAS - CHAVE: Agricultura sustentável, interação tripartite, microrganismos, nitrogênio, fósforo.

INTERACTION BETWEEN MYCORRHIZAL FUNGI AND DIAZOTROPHIC BACTERIA ON PLANT GROWTH AND SOIL CHARACTERIZATION

ABSTRACT: Given the perspective of population growth, food demand will increase exponentially, however there are obstacles to increasing agricultural production in Brazil due to the huge swaths of unproductive land. The restructuring and adaptation of these areas is paramount, but it must ensure productivity in a sustainable and resilient way. The soil microbiota is diverse, but fungi and bacteria are the main microorganisms that metabolize the main ecosystem services. However, their biodiversity changes according to the various physical, chemical and biological conditions of the soil. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) are obligate biotrophs that establish mutualistic associations with plant roots by developing intracellular and extracellular structures that absorb water, nutrients, and aggregate soil particles. N_2-fixing bacteria or diazotrophs establish symbioses, or associate facultatively with plants, contributing to vegetative growth by biological nitrogen fixation (BNF), as in several mechanisms such as production of phytohormones and solubilization of inorganic phosphates. Studies have reported that the interaction between microorganisms favors processes of germination of AMF spores, greater exudation of nutrients by the plant, intensifying bacterial growth, increased nutrient uptake among other processes in the increment of vegetative development. Thus, presenting the importance of these microorganisms contributes to the insertion of sustainable management in the recovery of areas to increase world production.
KEYWORDS: Sustainable agriculture, tripartite interaction, microorganisms, nitrogen, phosphorus.

1 I INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a demanda alimentar acelerada, aumenta a pressão sobre os recursos manejados na agricultura tradicional, entretanto para suprir a demanda alimentar as enormes faixas de terra degradadas no Brasil devem ser restruturadas (DIAS-FILHO, 2014, MAPBIOMAS, 2021).

De acordo com Chaer et al., (2011), a inserção de manejos baseados na agricultura sustentável assegura a resiliência do ambiente oligotrófico. A biodiversidade de microrganismos está presente em todos os ecossistemas terrestre, contudo é no sistema heterogêneo do solo que exercem alta diversidade e atividade biológica detendo nesse sistema a maior heterogeneidade por grama de solo (MARTINY et al., 2006; NACKE et al., 2011) garantindo serviços ecossistêmicos essenciais para as plantas e o solo (CORDOVEZ et al., 2019) mantendo a capacidade de resiliência do ecossistema devido alta taxa de redundância dos microrganismos (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006).

Dentre essa alta diversidade os microrganismos que mais se destacam são fungos e as bactérias. Os fungos são as espécies mais abundantes dos ecossistemas terrestres em associações mutualísticas com uma vasta diversidade de plantas (STÜRMER, SIQUEIRA, 2013; LIU et al., 2014; WU et al., 2016) e as bactérias representam dois dos três domínios filogenéticos: Archaea e Bacteria com alta taxa de diversidade e funções em diversos

serviços ecossistêmicos.

2 | RIZOSFERRA

A rizosfera é a “interface da raiz da planta” onde ocorre a liberação de compostos de carbono (Hiltner, 1904). Denominadas de ‘hot spots’ as regiões rizosféricas têm como base a matéria orgânica e partículas de solo aderidas às raízes, influenciada pela exsudação de compostos e microrganismos especializados, estabelecendo interações metabólicas constantes (KONOPKA, 2009; TURNER, JAMES, POOLE 2013; CARDOSO, ANDREOTE, 2016) atuando na regulação dos processos biogeoquímicos diretamente atrelado a qualidade estrutural do solo (SHTANGEEVA et al., 2019; ZHENG et al., 2019) com alto incremento em simbiose tripartite.

De acordo com Haichar (2014) a composição dos exsudatos radiculares é diversa podendo apresentar substâncias nutritivas, antimicrobianas e sinalizantes estimulando a colonização dos microrganismos (HUANG et al., 2014; YORK et al., 2016), influenciada pelo genótipo e estádio vegetativo das plantas, contudo fatores bióticos externos estão diretamente relacionados à quantidade e qualidade dos exsudatos radiculares atribuídos ao efeito seletivo da rizosfera (RAVINDRAN, YANG, 2015) e a capacidade de metabolização de diferentes fontes de carbono pelos microrganismos (MARSCHNER et al., 2004).

Na diversidade microbiana a especificidade é observada nos estádios de desenvolvimento da planta e nas práticas de manejo adotadas e alterações bióticas e abióticas no ambiente (WALLIS et al., 2010; CHAPARRO et al., 2014). Na colonização fúngica as diferentes respostas das plantas a simbiose são correlacionadas à diversidade funcional da interação FMA-planta-condições ambientais (OEHL et al., 2011; FOLLI-PEREIRA et al., 2012; AJEESH et al., 2015).

3 | FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Micorriza são associações mutualísticas entre fungos e raízes em cerca de 80% de espécies de plantas por ramificação hifálica (TRAPPE, 1987; VAN HEIDJEN et al., 2015) influenciando no desenvolvimento de outros microrganismos (ARTURSSON et al., 2006; BONFANTE, ANCA, 2009). A ocorrência generalizada estabeleceu alto grau de compatibilidade genética e funcional, evoluindo de biotróficos facultativos e obrigatórios de colonizações rizosféricas para colonizações inter e intracelulares em associações mutualistas nutricionais (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006; BERBARA et al., 2006; SOUZA et al., 2010).

A colonização fúngica caracteriza-se em formação de estruturas típicas simbióticas altamente ramificadas caracterizada de arbúsculos, que estabelecem a troca bidirecional de metabólitos e nutrientes (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006; LAMBAIS, RAMOS, 2010). Nas famílias mais dispersas de fungos Acaulosperacea e Glomeraceae há formações

de estruturas globosas alongadas internas no córtex, denominadas vesículas, hifas com dilatações terminais compostas de reserva com grânulos de glicogênio e lipídios (STÜRMER, SIQUEIRA, 2013; TAIZ, ZAGER, 2017).

Nas associações mutualísticas ocorre a absorção de nutrientes inorgânicos como o fósforo (P), cobre (Cu), magnésio (Mg), zinco (Zn) além da produção de antibióticos inibidores da ação de fitopatógenos (MOSSE, 1981; BERBARA et al., 2006; SMITH, READ 2008; ROZPADEK et al., 2016; ZHANG et al., 2019) acúmulo de osmoprotetores, elevação da produção de enzimas antioxidantes (MATHUR et al., 2019; AL-ARJANI et al., 2020) e da glicoproteína glomalina que auxilia na formação e estabilização dos agregados do solo (LEHMANN et al., 2017).

Em áreas de alto impacto antrópico como estresse hídrico, salinidade, toxicidade, baixa fertilidade, erosão e condições adversas de pH do solo a colonização radicular dos micélios fúngicos reduzem o impacto, auxiliando no desenvolvimento e sobrevivência das plantas (CHEN et al., 2017; SALAM et al., 2017).

As práticas de manejo utilizadas em sistema de manejo convencional e plantio direto estão diretamente interligadas na diversidade e atividade das comunidades microbianas (CARNEIRO et al., 2019). De acordo com Angelini et al., (2012) às técnicas de cultivo, atuam como agente seletivo de espécies de FMAs, com taxa de redução de espécies em sistemas de preparo convencional, entretanto o manejo do solo é fator preponderante no estabelecimento da população e diversidade de FMAs.

4 I MICORRIZAS ARBUSCULARES NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES

A associação mutualística é decorrente de alterações morfológicas e fisiológicas na expressão genética da planta hospedeira e do fungo, na estrutura do fluxo bidirecional de nutrientes advém da intensa diferenciação celular, obrigatório para o fungo e facultativo para a planta, na absorção de fósforo e outros nutrientes do solo (REQUENA et al., 2003; HOU et al., 2021). Sendo suprido de carboidratos pela planta hospedeira via exsudados dos produtos fotossintéticos (BERBARA et al., 2006).

É uma interação direta com as raízes aumentando o volume da área explorada do sistema radicular pelo micélio extrarradicular (RAMOS et al., 2011). As características morfológicas das raízes não colonizadas são limitadas na absorção dos nutrientes quando comparado as raízes de plantas colonizadas. A concentração do nutriente nas raízes micorrizadas apresentam uma maior concentração quando comparada a plantas não micorrizadas em solos de baixa disponibilidade (STRIBLEY, et al., 1980; TAWARAYA et al., 2012; WATTS-WILLIAMS, 2015, VIEIRA et al., 2021).

A expansão radicular fornece ganhos para as plantas principalmente com a absorção do macronutriente fósforo (P) reduzindo o aporte de adubação fosfatada e favorecendo o aumento da expansão área foliar, da taxa fotossintética, teor de proteína

bruta e consequentemente aumento da composição bromatológica da planta hospedeira (LIMA et al., 2015).

Segundo Smith e Read (2008), em decorrência da absorção de fósforo (P) observa-se também maior absorção de micronutrientes como zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e nitrogênio (N). O nitrogênio inorgânico absorvido pelo fungo, é acumulado entre os espaços extra e intracelular nas células do córtex (JOLICOEUR et al., 2002). Entretanto, o incremento na absorção pode ser maior quando em interação com bactérias fixadoras de nitrogênio (CRUZ, MARTINS, 1997.; LOPES et al., 2019).

5 | FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

As bactérias fixadoras de N_2 ou diazotróficos são microrganismos procariotos de alta diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética, em associações endofíticas obrigatórias, facultativos e organismos rizosféricos, que utilizam a enzima nitrogenase responsável para redução do N_2 para NH_3 (amônia) (DOBBELAERE et al., 2002; MOREIRA et al., 2013) sendo um mecanismo eficiente para o suprimento parcial ou total de nitrogênio para a planta com aumento da taxa de proteína para gramíneas (MIA, SHAMSUDDIN, 2010; SUTER et al., 2015).

Nas gramíneas a contribuição é assimbiótica nos tecidos vegetais, entretanto não é tão significativa como a simbiótica na conversão de nitrogênio para as plantas (SALA et al., 2007; ANDREOTE et al., 2014), visto que bactérias associativas não excretam N total para as plantas (HUNGRIA, 2011). Nas gramíneas a bactéria associativa *Azospirillum* spp., diazotrófica rizosférica coloniza zonas de elongação e pelos radiculares, exercendo processos como a síntese de fitohormônios, solubilização de fosfato inorgânico, aumento da taxa de germinação e desenvolvimento inicial (VERMA et al., 2001.; FLORENTINO et al., 2017.; TERRA et al., 2019).

Diversos estudos relatam que a inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas garante resultados positivos na produção sustentável de forrageiras de alta exigência e produtividade como *Panicum maximum* cv. Mombaça (SILVA et al., 2019) *Urochloa brizantha* (sinonímia *Brachiaria)* e *Urochloa ruziziensis* (HUNGRIA et al., 2016), aumento do teor proteico (DIAS et al., 2019), contudo a adubação ainda é parcial.

6 | INTERAÇÕES

De acordo com Novais et al., (2020), a superfície extra radicular das hifas fúngicas, estabelece-se como uma área de importante interação com os microrganismos do solo. Os microrganismos microbianos saprófitos e os simbiontes exercem interações diretas com os FMAs, contudo as interações podem se estabelecer como fitopatogênicas neutras ou benéficas para ambos (BAREA et al., 2002).

As bactérias e os fungos exercem interações em níveis distintos, de endobactérias

no citoplasma a interação mais direta (BONFANTE, DESIRÓ, 2017). De acordo com Sturz e Novak, (2000), as interações entre os microrganismos ocorre na colonização de tecidos do sistema radicular. Estimulando a germinação de esporos fúngicos, crescimento das hifas, aumento da distribuição e sobrevivência dos micélios (SOUZA et al., 2006). Diversos relatos na literatura sobre efeitos benéficos da associação tripartite bactéria-planta-fungo são mencionados conforme tabela 1.

Bactéria	Fungo	Interação	Cultura	Referência
Rhizobium	*Gigaspora calospora*	↑ crescimento radicular, ↑absorção de P e N	*Pisum sativum*	Champawat 1990
Acetobacter diazotrophicus	*Glomus clarum*	↑ esporos intraradicular, ↑colonização aérea	*Ipomoea batatas, Saccharum officinarum L, Sorghum bicolor L.*	Paula et al., 1991
Bacillus sp. estirpe BH-II	*Glomus mosseae*	↑ agregação das partículas solo.	*Pisum sativum L.*	Andrade et al., 1995
Bacillus sp. estirpe BH-II	*Glomus mosseae*	↑agregados estáveis do solo	*Pisum sativum L.*	Bethlenfalvay et al., 1997
Klebsiella e A. lipoferum	*Glomus clarum*	↑crescimento vegetativo, ↑absorção de P e N, ↑colonização micorrízica e esporulação	*Manihot esculenta*	Balota et al., 1997
Inoculante Br 5401/Br 5412	*G. macrocarpum, G. etunicatum e Entrophospora colombiana*	↑absorção de N	*Eucalyptus grandis consorciado com Sesbania virgata*	Rodrigues et al., 2003
Pseudomonas fluorescens	*Glomus mosseae*	↑ vegetativo, ↑absorção de P.	*Lycopersicon esculentum Mill. cv. Guadalete*	Gamalero, et al ., 2004
Achromobacter insolitus, Zooglea ramigera	*Glomus sp, Acaulospora sp.*	↑ sinergismo	*Triticum durum L.*	Sala et al., 2007
Methylobacterium sp, Burkholderia sp, Sphingomonas	*Glomus clarum*	↑ população bacteriana	*Oryza Sativa*	Raimam et al., 2007
Arthrobacter, Pseudomonas	*G. intraradices, Acaulospora tuberculata, Gigaspora gigantea*	↑inibição de fitopatógenos, ↑ produção de sideróforos	*Solanum tubersosum L*	Bharadwaj et al., 2008
Bradyrhizobium japonicum	*G. fasciculatum, Acaulospora laevis*	↑ peso da semente por planta	Soja JS 335, JS 71-05, NRC 2 e NRC 7	Meghvansi et al., 2008
Azotobacter chroococcum, Pseudomonas fluorescens	*Glomus clarum*	↑ colonização de FMA, ↑ absorção de P, ↑germinação de esporos.	*Sesamum indicum L*	Sabannavar, et al., 2008
A. lipoferum -A. amazonense e Burkholderia sp	*Glomus mosseae*	↑ colonização bacteriana- UFC	*Zea mays*	Miyauchi et al., 2008
Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli bacteria	*Glomus etunicatum*	↑ suprimento da demanda de carbono.	*Phaseolus vulgaris*	Mortimer, et al., 2009
Mesorhizobium mediterraneum	*Glomus mosseae, Glomus claroideum*	↑extensão de colonização, ↑ concentração de P e N, ↑ concentração de prolina	*Lathyrus sativus*	Jin et al., 2010
Pseudomonas fluorescens	*Glomus mosseae*	↑ níveis de P, ↑ de citocinina.	Tobacco	Cosme, Wurts , 2013
Agrobacterium pusense, Neorhizobium huautlense	*Rhizophagus irregularis*	↑ massa de nódulos, ↑atividade da nitrogenase e conteúdo de leghemoglobina. sinergia entre Glomus+Agrobacterium no alívio ao stress salino.	*Sesbania canabina*	Ren et al., 2016
Ensifer meliloti Rm1021	*Rhizophagus irregularis*	↑efeito sinérgico em 10% dos genes expressos, incluindo genes de metabolismo de nutrientes.	*Medicago truncatula*	Afkami, Stinchcombe 2016
Mesorhizobium mediterraneum	*Rhizophagus irregularis*	↑ da tolerância, ↑ da proteína nos grãos	*Cicer arietinum L.*	Oliveira et al., 2017
Pseudomonas putida KT2440	*Rhizophagus irregularis*	↑colonização	*Triticum Mercato cv.*	Pérez-de-luque et al., 2017
Ensifer meliloti	*Rhizophagus irregularis*	↑ efeito sinérgico de crescimento, ↑ absorção de P e N.	*Medicago truncatula*	Kafle, et al., 2018
Funneliformis geosporum	*Funneliformis geosporum*	↑ crescimento, ↑ produção de flores e frutos, ↑ conteúdo de nutrientes,	*Capsicum chinense*	Surendirakumar, Pandey e Muthukumar, 2019
Pseudomonas fluorescens	*Glomus mosseae*	↑ crescimento vegetativo, ↑ absorção de nutrientes.	*Sesamum indicum L.*	Yadav, et al., 2021

Tabela 1. Exemplos de interações sinérgicas positivas entre bactérias e fungos micorrízicos arbusculares e plantas.

Na interação com as plantas, a simbiose tripartite favorece diretamente o estabelecimento e desenvolvimento em áreas com alto grau de degradabilidade física, química e biológica (RODRIGUES et al., 2006; BORGES et al., 2016) em áreas mais limitantes em condições não adequadas (ERGAMBERDIEVA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017; OSSLER et al., 2018) como as de atividade de mineração e recuperação de solos com erosão severa a interação combinada entre bactérias simbióticas e fungos micorrízicos arbusculares já apresentam resultados bem sucedidos (MACEDO et al., 2008; CHAER et al., 2011). A simbiose tripartite também é fundamental para os processos da enzima nitrogenase visto que a demanda de nutrientes consumida pela enzima é alta principalmente de fósforo (P) (ARTURSSON et al., 2006; AFKHAMI et al., 2020).

A diversidade, atividade, sobrevivência, sucessão e interação entre microrganismos do solo é influenciada pelos fatores abióticos e bióticos do ambiente. Nas relações tripartites, o genótipo/espécies de plantas hospedeiras detém a capacidade de diferenciação entre microrganismos e exercer controle sobre eles, essa capacidade é um fator biótico interno

que diferencia os resultados das associações tripartites (AFKHAMI et al., 2020).

7 I INOCULANTES E BIOESTIMULANTES

A utilização em larga escala dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é limitada pela sua fisiologia como biotróficos obrigatórios, sendo um impasse sua aplicação em larga escala em plantios comerciais. A formononetina isoflavonóide é uma substância orgânica produzida pelas plantas que apresenta funções ecológicas e funcionais diversas e se caracterizam pela emissão de sinais moleculares na relação planta-microrganismos (SIQUEIRA et al., 1991), na estimulação do crescimento hifálico e na diferenciação de estruturas de infecção micorrízica (ECM) promovendo a colonização mais rápida (SIQUEIRA et al., 2002) crescimento e produção vegetal (SILVA-JUNIOR, SIQUEIRA, 1997), pois atua diretamente na rizosfera.

Em estudos de isolamento e identificação de micorrizas em trevo *Trifolim repens* cultivados em solos com deficiência de fósforo, Nair et al., (1991) relataram a presença de isoflavonóides caracterizados como formononetina (7-hidroxi,4'-metoxi isoflavona) e biochanina A (5,7-di-hidroxi,4'-metoxi isoflavona). Diversas pesquisas confirmaram a bioestimulação (ROMERO, SIQUEIRA, 1996; DE NOVAIS, SIQUEIRA, 2009).

Atualmente o bioestimulante sintético Myconate® Plant Health Care, Raleigh, Estados Unidos da América, composto pelo isoflavonóide formononetina, quando aplicado ao solo estimula a micorrização dos fungos micorrízicos arbusculares FMAs e as bactérias solubilizantes de fosfato (BANCELLA, 2019). Diversos estudos reportam aumento do rendimento utilizando o bioestimulante de micorrização Myconate® como tratamento de sementes (PEIXE et al., 2013; CORDEIRO et al., 2015; SALGADO et al., 2017), contudo o produto não entrou no mercado comercial brasileiro. Atualmente estudos com *Rhizophagus intraradices* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler vêm ganhando destaque pela recente introdução no mercado brasileiro do inoculante natural de alta concentração Rootela Br®.

Stoffel (2019) avaliando inoculante a base de *Rhizophagus intraradices* nas culturas soja, feijão, algodão, milho, trigo, girassol, cana-de-açúcar, pinus e eucalipto relatou maior acúmulo de P nos tratamentos com as gramíneas cana-de-açúcar, milho, trigo e no algodão sendo as mais responsivas a inoculação. Em interação do fungo *Rhizophagus intraradices* com rizóbio em trevo-branco foi observado uma maior expansão radicular e crescimento vegetativo, detectando uma maior concentração de nitrogênio (N) na raiz quando avaliado a inoculação única (XIE et al., 2021). Os autores relataram uma cooperação dos microrganismos na indução do conteúdo, dos aminoácidos aspartato e prolina.

REFERÊNCIAS

AFKHAMI, Michelle, E.; STINCHCOMBE, Jjon R..;Multiple mutualist effects on genome wide expression in the tripartite association between *Medicago truncatula,* nitrogen-fixing bactéria and mycorrhizal fungi. **Molecular Ecology,** v.25, 19ed, p.4946-4962, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1111/mec.13809

AJEESH, R.; Vikas K.; Santos, K. A.V.; Surendra, G.K. Harnessing Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for quality seedling production. **Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences**, v.3, (6), p.22-40, 2015.

AL-ARJANI, Al-Bandari. F.; HASHEM, Abeer.; ABD-ALLAHN, Elsayed Fathi. . Arbuscular mycorrhizal fungi modulates dynamics of tolerance expression to mitigate drought stress in Ephedra foliata Boiss. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 27v. 1 ed, 380-394 p, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.10.008

ANGELINI, Guilherme Augusto Robles.; LOSS, Arcângelo, et al., Mycorrhizal colonization, spore density of arbuscular mycorrhizal fungi in Cerrado soil no-till and conventional tillage systems. **Semina: Ciências Agrárias.** Londrina, 33v. 1 n., 115-130p, 2012.

ANDREOTE, Fernando D.; GUMIERE, Thiago.; DURRER, Ademir. (2014) Exploring interactions of plant microbiomes. **Scientia Agricola,** Piracicaba, v. 71, p.528-539. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0195

ARTURSSON, Veronica.; FINLAY, Roger. D.; JANSSON, Janet. K. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. **Environmental Microbiology,** Oxford, v. 8, p.1-10, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00942.x

BALOTA, Elcio; LOPES, Eli, S.; HUNGRIA, Mariangela.; DOBEREINER, Johanna.; Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos-arbusculares na cultura da mandioca. **Revista Agropecuária Brasileira.** Brasília v.32, n.6 p.627-639, 1997. Disponivel em: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4696

BANCELLA,.Myconate; (2019). Disponível em: http://www.bancella.com/product-page/myconate.

BAREA, José-. Miguel.; AZCÓN, Rosário.; AZCÓN-AGUÍLAR, Concepción.; Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality, **Antonie Van Leeuwenhoek,** Dordrecht, v. 81 p.343-351, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1023/A:1020588701325.

BHARADWAJ, Dharam. P.; LUNDQUIST, Per-Olof, O.; ALSTROM., S.; Arbuscular mycorrhizal fungal spore associated bacteria affect mycorrhizal colonization, plant growth and potato pathogens. Soil Biology and Biochemistry, 40v, 10ed, p.2492–2501, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.06.012

BERBARA, Ricardo. L. L.; SOUZA, Francisco A.; FONSECA, Henrique. M. A. C.; Fungos micorrízicos arbusculares, muito além da nutrição. In: Fernandes, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.53-88, 2006.

BETHLENFALVAY, Gabor.; ANDRADE, G.; AZCO'N-AGRUILAR, C.; Plant and soil responses to mycorrhizal fungi and rhizobacteria in nodulated or nitrate-fertilized peas (Pisum sativum L.). Biology and Fertility of soils, v.24, p164-168, 1997. Disponível em:https://doi.org/10.1007/s003740050225>

BONFANTE, Paola.; ANCA, Lulia-Andra.; Plants, mycorrhizal fungi, and bacteria: a network of interactions. **Annu. Rev. Microbiol.** 63v, p.363–83, 2009. Disponível em: doi:10.1146/annurev.micro.091208.073504

BONFANTE, Paola.; DESIRÓ, Alessandro.; Who lives in a fungus? The diversity, origins and functions of fungal endobacteria living in Mucoromycota. **ISMEJ** 11, p.1727-1735, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1038/ismej.2017.21.

BORGES, Lustrino Wardsson.; PRIN, Yves.; ROUX, Christine Le Roux.; FARIA, Sérgio Miana de.; Rhizobial characterization in revegetated areas after bauxite mining. **Brazilian Journal of Microbiology,** v. 47, n. 2, p. 314-321, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.009

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone.; ASSIS, Paula Camylla Ramos de Assis.; PAULINO, Helder Barbosa.; et al., Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and nematodes in a 14 years no-tillage chronosequence. **Rhizosphere,** v.10, p.100149, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100149.

CHAER, Guilherme Montandon.; RESENDE, Alexander Silva; CAMPELLO, Eduardo Francia C. C.;et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011. Disponível em:https://doi.org/10.1093/treephys/tpq116.

CHAMPAWAT, R.S.; Effect of dual inoculation of Rhizobium and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on Pisum sativum. **Folia Microbiologica,** v.35, p.236, 1990. Disponivel em: https://doi.org/10.1007/BF02820490>

CHAPARRO, Jacqueline M.; BADRI, Dayakar V.; VIVANCO, Jorge M.; Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development. **The ISME Journal**, n. 8, p. 790–803, 2014. Dísponivel em: https://doi.org/10.1038/ismej.2013.196

CHEN, Shuangchen.; ZHAO, Hongjiao.; ZOU, Chenchen.; LI, Yongscheng.; et al.; Combined inoculation with multiple arbuscular mycorrhizal fungi improves growth, nutrient uptake and photosynthesis in cucumber seedlings. **Frontiers in Microbiology,** v. 8, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02516

CORDEIRO, Meire Aparecida S; FERREIRA, Dorotéia Alves.; et al.; Mycorrhization stimulant based in Mycorrhization stimulant based in formononetin associated to fungicide and doses of Phosphorus in soybean in the cerrado. **Bioscience Journal**. v. 31, n.4, p.1062-1070. Disponível em: https://doi.org/10.14393/BJ-v31n4a2015-26185

CORDOVEZ, Viviane.; DINI-ANDREOTE, Francisco.; CARRIÓN, Victor J.; et al., Ecology and evolution of plant microbiomes. **Annual Review Microbiology,** 73v, p.69-88, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-micro-090817-062524.

COSME, Marcos.; WURST, Susanne.; Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi, rhizobacteria, soil phosphorus and plant cytokinin deficiency change the roots morphology, yield and quality of tobacco. **Soil Biology and Biochemistry,** 57v, 436-443p, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.09.024

CRUZ, André Freire.; MARTINS, Marco Antonio.;.Transfer of nitrogen between, plants interconnected by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, (4), 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-06831997000400005.

DE NOVAIS, Cândido Barreto.; SIQUEIRA, José Olwaldo.; Aplicação de formononetina na colonização e esporulação de fungos micorrízicos em braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44. 5 ed, 2009. Disponível em: https//doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500009.

DIAS, Márcio de Souza; FLORENTINO, Ligiane Aparecida.; RABÊLO, Flavio Henrique Silveira et al.;Morphological, productive and chemical traits of Xaraés Grass: Nitrogen topdressing versus inoculation with diazotrophic bacteria.**Ciência Animal Brasileira** 20 v. Disponivel em: https://doi.org/10.1590/1089-6891v20e-38586.

DOBBELAERE, Sofie.; CROONENBORGHS, Anja.; THYS, Amber.; et al.; Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and A. irakensestrains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils,** Berlin, v.36, p. 284-297, 2002. Disponível em: https://10.1007/s00374-002-0534-9

FOLLI-PEREIRA, Muriel da Silva.; MEIRA-HADDAD., Lydice Sant'Anna; et al., Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, n. 6, p.1663-1679. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600001.

FLORENTINO, Ligiane Aparecida.; REZENDE, Adauton Vilela.; MIRANDA, Cassia Cristina B.; MESQUITA, Aline Carvalho, et al., Potassium solubilization in phonolite rock by diazotrophic bacteria. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.14295/cs.v8i1.1292.

GAMALERO, Elisa.; TROTTA, Antonio.; MASSA, Nadia.; COPPETTA, Andrea. et al., Impact of two fluorescent pseudomonads and an arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. *Mycorrhiza* 14, 185–192, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00572-003-0256-3

HAICHAR, Feth el Zahar.; SANTAELLA, Catherine.; HEULIN, Thierry, et al., Roots exudates mediated interactions belowground. **Soil Biology & Biochemistry,** v. 77, p. 69-80, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.017

HILTNER, L.; (1904); Uber neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Boden Bakteriologie und unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Broche. **Arbeit. Deut. Landw. Ges.** Berlin 98, p.59-78, 1904.

HUANG, Xing-Feng.; CHAPARRO, Jacqueline M.; REARDON, Kenneth F.; et al., Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities. **Botany**, v. 92, p. 267–275, 2014. Disponível em:https://10.1139/cjb-2013-0225

HUNGRIA, Mariângela.; Inoculação com *Azospirillum brasilense:* inovação em rendimento a baixo custo. Londrina [EMBRAPA SOJA], **Documentos,** 38p, 2011.

HUNGRIA, Mariângela.; NOGUEIRA, Marco Antonio.; Araujo, Ricardo Silva. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium Azospirillum brasilense: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 221v., 1n, p.125-131, 2016. Disponivel em: doi:10.1016/j.agee.2016.01.024.

HOU, Liyuan.; ZHANG, Xiaofei.; FENG, GU., et al.; Arbuscular mycorrhizal enhancement of phosphorus uptake and yields of maize under high planting density in the black soil region of China. **Scientific Reports,** v. 11**,** 1100, 2021. Disponivel em: https://doi.org/10.1038/s41598-020-80074-x.

JIN, Liang., SUN, Xiangwei., WANG, Xiaojuan, et al. Synergistic interactions of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia promoted the growth of *Lathyrus sativus* under sulphate salt stress. **Symbiosis** 50v, p.157–164, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13199-010-0058-2

JÚNIOR, Joel, Q.O.; JESUS, E.C.; LISBOA, F.J.; BERBARA, Luis, L.; FARIA, S.M.; Nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in Piptadenia gonoacantha (Mart.) Macbr. **Brazilian Journal of Microbiology,** 48v, 1ed, p. 95-100, 2017. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.013

KAFLE, Arjun.; GARCIA, Kevin, WANG, Xiurong, PFEFFER, Philip et al., Nutrient demand and fungal access to resources control the carbon allocation to the symbiotic partners in tripartite interactions of Medicago truncatula. **Plant, Cell & Environment**, 42v, 1 ed, p270-284. 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1111/pce.13359

KONOPKA, Allan.; What is microbial community ecology? **The ISME Journal,** v.3, 1223-1230p, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1038/ismej.2009.88

LAMBAIS, Márcio Rodrigues.; RAMOS, A. C.Sinalização e transdução de sinais em micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, José Oswaldo.; SOUZA, Francisco Adriano de; CARDOSO, Elke Jurandy B. N.; TSAI, Siu. Miu. **Micorriza: 30 anos de pesquisa no Brasil,** p.119 – 126, 2010.

LEHMANN, Anika.; LEIFHEIT, Eva Friederike.; RILLIG, MATTHIAS, C.; Mycorrhizas and soil aggregation. **Mediation of Soil,** 14 chapter, v. 1, n. 1, p. 241 – 262. Disponivel em: DOI: 10.1016/B978-0-12-804312-7.00014-0

LIMA, Késsia, Barreto.; NETTO, Andréia Francisca Riter.; et al.Crescimento, acúmulo de nutrientes e fenóis totais de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) inoculadas com fungos micorrízicos. **Ciência Florestal,** Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 853 – 862, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5902/1980509820583

LIU, Airong; CHEN, Shuangchen.; CHANG, Rui.; LIU, DILIN, et al.Arbuscular mycorrhizae improve low temperature tolerance in cucumber via alterations in H2O2 accumulation and ATPase activity. **Journal Plant Research,** v.127, p. 775–785, 2014 Disponível em:https://doi.org/10.1007/s10265-014-0657-8

LOPES, Esmeralda Aparecida P. L.; SILVA, Almir Dias A.; MERGULHÃO, Adália Cavalcanti E.S.; et al.Co-Inoculation of growth promoting bacteria and *Glomus clarum* in micropropagated Cassava plants. **Revista Caatinga**. v. 32, n. 01, p 152 – 166, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n116rc

LUMINI, Erica.; BIANCIOTTO,Valeria.; JARGEAT, Patricia.; et al., Pre-Symbiotic growth and spore morphology are affected in the arbuscular mycorrhizal fungus Gigaspora margarita cured of its endobacteria. **Cell Microbiology,** v.9 (7), p.1716–1729, 2007. Disponivel em: https://10.1111/j.1462-5822.2007.00907.x.

MACEDO, M. O.; RESENDE, A.S.; GARCIA, P.C.; BODDEY, R.M.; et al., .Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 5–6, p. 1516 – 1524. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.11.007

MARCHNER, Petra, CROWLEY, David.; YANG, Ching Hong.; Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. **Plant and Soil**, v. 261, p.199 – 200, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000035569.80747.c5

MARTINY, Jennifer B.H.; BOHANNAN, Brendan J.M.; BROWN, James, H.; et al. Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. **Nature Reviews Microbiology**, v.4, 2ed. p. 102-12, 2006. Disponível em: https://10.1038/nrmicro1341

MATHUR, Sonal.; TOMAR, Rupal Singh.; JAJOO, Anjana.;Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) protects photosynthetic apparatus of wheat under drought stress. **Photosynthesis Research**,139(3), 227-238, 2019. Disponivel em: http://doi.org/10.1007/s11120-018-0538-4.

MEGHVANSI, Mukesh, k.; PRASAD, K.; HARWANI, D.; MAHNA, S.K.; Response of soybean cultivars toward inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium japonicum in the alluvial soil. **European Journal of Soil Biology,** 44v, 3ed, p.316-323, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.03.003

MIYAUCHI, Marina, Y.H.; LIMA, Dáfila, S.; NOGUEIRA, M.A.; et al., Interactions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. **Science Agricola**, 65v, n.5, p.525-531, 2008.

MOREIRA, Fatima Maria de S.; CARES, Juvenil, E.; ZANETTI, Ronald.; STURMER, Sidney, L; Bactérias associativas fixadoras de nitrogênio atmosférico.O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. In: Moreira FMS, Cares JE, Zanetti R and Stürmer SL (Eds), **O Ecossistema Solo: Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal**. Lavras: Editora UFLA, p.212-224, 2013.

MOREIRA, Fatima Maria de Souza.; SIQUEIRA, José Oswaldo; **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2º ed. Editora Lavras, 2006.

MORTIMER, Peter. E; PEREZ-FERNÁNDEZ, María. A; VALENTINE, Alex, J. Arbuscular mycorrhizae affect the N and C economy of nodulated Phaseolus vulgaris (L.) during NH4+ nutrition. **Soil Biology and Biochemistry**, 41v, 10ed, p.2115-2121, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.07.021

MOSSE, Barbara.; Vesicular-arbuscular mycorrhizae research for tropical agriculture. Hawai: Institute of Tropical Agriculture and Human Resources; **College of Tropical Agriculture and Human Resources**, 82 p, 1981.

NACKE, Heiko.; WILL, Christiane.; HERZOG, Sarah, et al., Identification of novel lipolytic genes and gene families by screening of metagenomic libraries derived from soil samples of the German Biodiversity Exploratories. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 78, p. 188-201, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2011.01088.x.

NAIR, Muraleedharan, G.; SAFIR, Gene, R.; SIQUEIRA, José Oswaldo. Isolation and Identification of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza-Stimulatory Compounds from Clover (*Trifolium repens*) Roots. **Appl Environmental Microbiology**. v.57(2), p. 434-439, 1991. Disponivel em: https://10.1128/aem.57.2.434-439.1991

OEHL, Fritz.; SIEVERDING, Ewald., PALENZUELA, Jiménez., et al., Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, p. 191-199, 2011. Disponivel em: https://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10.

OLIVEIRA, Rui, S.; CARVALHO, Patricia; MARQUES, Guilhermina.; FERREIRA, Luís.; et al., Increased protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen-fixing bacteria underwater deficit conditions. **Journal of the Science Food and Agriculture**, 97v, 4379-4385p, 2017. Disponivel em: https://doi.org/10.1002/jsfa.8201.

OSSLER, Julia.; HEATH, Katy, D.; Shared genes but not shared genetic variation: Legume colonization by two below ground symbionts. **The American Naturalist*,*** 191v, 395-406p, 2018. Disponível em: DOI: 10.1086/695829.

PAULA, Mauro, A.; REIS, Veronica.M.; DOBEREINER, Johanna.; (2005). Interactions of *Glomus clarum* with *Acetobacter diazotrophicus* in infection of sweet potato (*Ipomoea batatas*), sugarcane (*Saccharum* spp.), and sweet sorghum (*Sorghum vulgare*). **Biology and Fertility of Soils**, v.11, p.111-115. Disponível em: https://doi.org/10.1007/BF00336374

PEIXE, Guilherme, Fernando.; **Efeito do estimulante de micorrização formononetina na nutrição e produtividade do milho e soja em Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, 89 p, 2013.

PÉREZ-DE-LUQUE, Alejandro, TILLE, Stefanie, JOHNSON, Irene, et al., The interactive effects of arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting rhizobacteria synergistically enhance host plant defenses against pathogens. **Science Reports**, 7v, p.16409, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-017-16697-4

RAIMAM, Milena. P.; ALBINO, U.; CRUZ, M. F.; LOVATO, Gisele. M.; SPAGO, Flávia.; FERRACIN, T. P.; et al., Interaction among free-living N-fixing bacteria isolated from *Drosera villosa* var. *villosa* and AM fungi (*Glomus clarum*) in rice (*Oryza sativa*). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 35, p. 25-34, 2007. Disponivel em: DOI:10.1016/j.apsoil.2006.05.013

RAMOS, A.C.; FAÇANHA, A.R.; PALMA, L.M.; OKOROKOV, L.A.; et al., An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. **Brazilian Journal Plant Physiology**, 23v. (1): 79-89p, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000100010

RAVINDRAM, Anita.; YANG, Shang-Shyng.; Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**, v.48, 4ed, p. 362-369, 2015. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/j.jmii.2014.02.003.

REN, Cheng-Gang.; BAI, Yue-Jie Bai; KONG, Cun-Cui.; BIAN, Bian et al., Synergistic Interactions between salt-tolerant Rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on salinity tolerance of Sesbania cannabina plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.35, p.1098-1107. Disponivel em: https://doi.org/10.1007/s00344-016-9607-0

REQUENA, Natália.; BREUNINGER, Magdalene.; FRANKEN, Philipp et al., Symbiotic status, phosphate, and sucrose regulate the expression of two plasma membrane H^+-ATPase genes from the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Plant Physiology**, v.132, p.1540-1549, 2003. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1104/pp.102.019042.

RODRIGUES, Luciana, A.; BARROSO, Barroso, G.; MARTINS, Marco, A.; MENDONÇA, Andrea, Vita, R.; Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas,** v.5, n.10, p.88-105, 2006.

RODRIGUES, Luciana, A.; MARTINS, Marco, A.; et al.; Use of mycorrhizas and rhizobium in the intercropping system of eucalyptus and sesbania: I - Growth, uptake and transfer of nitrogen between plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27v, (4), 2003. Disponível https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400002

ROMERO, Amalia, G.F.; SIQUEIRA, José, O; Atividade de flavonóides sobre esporos do fungo micorrízico *Gigaspora gigantea in vitro*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.31, n.7 p. 517-522, 1996.

ROZPADEK, Piotr.; RAPALA-KOZIK, Maria.; WEZOWICZ, Kataryna.; et al. Arbuscular mycorrhiza improves yield and nutritional properties of onion (Allium cepa). **Plant Physiology.** Biochem*.* 107, p.264–272, 2016. Disponível em: https://10.1016/j.plaphy.2016.06.006

SABANNAVAR, Sweta.; LAKSHMAN, H.C.; Interactions between Azotobacter, Pseudomonas and Arbuscular mycorrhizal fungi on two varieties of *Sesamum indicum* L. **Journal of Agronomy and Crop Science,** v.194, n.6, p470-478, 2008. Disponível em: doi: 10.1111/j.1439-037X.2008.00338.x

SALA, Valeria, M.R.; FREITAS, Sueli, S; SILVEIRA, Adriana, P.D. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.42 n.11, p.1593-1600, 2007. Disponivel em: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100011.

SALAM, Eslam Abdel.; ALATAR, Abdulrahman.; EL-SHEIKH, Mohamed. A.; Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alleviates harmful effects of drought stress on damask rose. **Saudi Journal of Biological Science**, v.25, 8 ed, p.1772–1780, 2017. Disponível em: doi: 10.1016/j.sjbs.2017.10.015

SALGADO, Fabrício, Henrique, M.; MOREIRA, Fátima, Maria de Sousa.; Siqueira, José, Oswaldo. Arbuscular mycorrhizal fungi and colonization stimulants in cotton and maize. **Ciência Rural**, v. 47, 6ed, p.1–8, 2017. Disponível em: https://10.1590/0103-8478cr20151535.

SHTANGEEVA, Irina.; BUSA, Lauma.; VIKSNA, Arturs.; Carbon and nitrogen stable isotope ratios of soils and grasses as indicators of soil characteristics and biological taxa. **Applied Geochemistry**, v.104, p. 19 – 24, 2019. Disponível em: doi:10.1016/j.apgeochem.2019.03.009.

SILVA-JUNIOR, José, Pereira; SIQUEIRA, José, Oswaldo. Aplicação de formononetina sintética ao solo como estimulante da formação de micorriza no milho e na soja. **Revista Brasileira de FisioCARRENHOsouzalogia Vegetal**, Londrina, 9 v, n. 1, p. 35-41, 1997.

SILVA, Konrad, Passos.; SILVA, Gian, Otávio, A.; OLIVEIRA, Tayla, Évellin.; et al., Growth promotion of *Guinea grass* by diazotrophic bacteria1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2019, v. 49, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4956732>

SIQUEIRA, José, Oswaldo.; SOARES, C.R.F.S.; DOS SANTOS, J.G.D.; et al., Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: Ceretta, C.A; Silva, L.S.; Reichert, J.M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, p.219-306, 2007.

SMITH, Sally.; READ, David. (2008). **Mycorrhizal symbiosis***.* Cambridge, UK: Academic Press.

SOUZA, F. A. DE; STURMER, Sidney. L. Carrenho, R et al.; Classificação e taxonomia de Fungos Micorrízicos Arbusculares e sua Diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, José, Oswaldo.; SOUSA, Francisco, Adriano de.; CARDOSO, Elke Jurandy, B. N.; TSAI, Siu Mui Tsai (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil.** [s.l: s.n.] - Lavras: UFLA, p. 15–74, 2010.

SUTER, M.; CONNOLLY, J; FINN, J.A; LOGES, R.; Kirwan, L.;Nitrogen yield advantage from grass–legume mixtures is robust over a wide range of legume proportions and environmental conditions. **Global Change Biology,** 21v, 6ed, p.2424-2438, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1111/gcb.12880.

SURENDIRAKUMAR, Kannaiah, PANDEY, Randha, R.; MUTHUKUMAR, Thangavelu.; Influence of indigenous arbuscular mycorrhizal fungus and bacterial bioinoculants on growth and yield of Capsicum chinense cultivated in non-sterilized soil. **The Journal of Agricultural Science**, v.157, 1ed., p 31-44,2019. Disponível em: doi:10.1017/S0021859619000261

STRIBLEY, D. P., TINKER, P. B.; SNELLGROVE, R. C.; Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the relations of plant growth, internal phosphorus concentration and soil phosphate analysis. **Journal Soil Science, v.**31, p.655–672, 1980. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1980.tb02112.x

STURMER, Sidney, L.; SIQUEIRA, José, Oswaldo. **Fungos micorrízicos**. In: MOREIRA, Fatima Maria, S.; CARES, Juvenil, E.; ZANETTI, Ronald.; STURMER Sidney, L (eds). O Ecossistema Solo: Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal. Lavras: Editora UFLA, p. 289 – 310, (2013).

STURZ, A.V.; NOWAK., Jerzy. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. **Applied Soil Ecology,** Amsterdam, v. 15, p.183-190, 2000. Disponível em: DOI: 10.1111/gcb.12880

TAIZ, Lincoln.; ZEIGER, Eduardo.; MOLLER, Ian, M.; MURPHY, Angus **Associações com micorrizas arbusculares e simbiose de fixação de nitrogênio envolvem rotas de sinalização** (cap. 23). Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal, v.6, p. 695.

TAWARAYA, Keitaro, HIROSE, Ryouta., WAGATSUMA, Tadao.; Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi can substantially reduce phosphate fertilizer application to Allium fistulosum L. and achieve marketable yield under field condition. **Biology and Fertility of Soils** v.48, 839–843p,2002. Disponivel em: https://doi.org/10.1007/s00374-012-0669-2.

TERRA, Ana, B.; SOUZA, Flavia, R.C.; REZENDE, Adauton, V et al., Physiological characterization of diazotrophic bacteria isolated from *Brachiaria brizantha* rhizosphere. **Revista Caatinga***,* 32v, 3n. p.658-666, 2019. Disponivel em: https://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n310rc.

TRAPPE, J. M.; SCHENCK, N. C. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae. In: SCHENCK, N. C., (Ed.). Methods and principles of mycorrhizal research. St. Paul: **The American Phytopathological Society**, 1982. p. 1-9.

TURNER Thomas. R., JAMES Euan. K., POOLE Philip. S. The plant microbiome. **Genome Biology,** v.14 (6): p.209, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-6-209.

VERMA, Subhash. C; LADHA, Jagdish. K.; TRIPATHI, Anil. K. Evaluation of plant growth-promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal of Biotechnology,** v.91 p.127-141, 2001. Disponível em: https:// 10.1016/s0168-1656(01)00333-9>.

VIEIRA, Marlene. E.; FREITAS, Marta, S.M; PEÇANHA, Diego, A.; LIMA, Thaísa, C.; et al.; Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus in spilanthol and phenolic compounds yield in jambu plants. **Horticultura Brasileira**, 39v., (2), p.192-198, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210210

WALLIS, P.D.; Haynes, R.J.; HUNTER, C.H; MORRIS, C.D. Effect of land use and management on soil bacterial biodiversity as measured by PCR-DGGE. **Applied Soil Ecology,** Amsterdam, v. 46, p.147-150, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.06.006>

WATTS-WILLIAMS, Stephanie J., JAKOBSEN, Iver.; CAVAGNARO, Timothy. R.; GRONLUND, M.; Local and distal effects of arbuscular mycorrhizal colonization on direct pathway Pi uptake and root growth in Medicago truncatula. **Journal of Experimental Botany**. 66 v, p4061–4073, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jxb/erv202>.

WU, Na.; Li Zhen, Wu, Fei.;Tang, Ming.; Comparative photochemistry activity and antioxidant responses in male and female *Populus cathayana* cuttings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi under salt. **Scientific Reports**.v.6, 37663p, 2016. Disponível em:https://10.1038/srep37663>.

YADAV, Alpa.; SAINI, Ishan.; KAUSHIK, Prashant.; ANSARInsari, Mushtaq.A, et al.; Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and P-solubilizing Pseudomonas fluorescence (ATCC-17400) on morphological traits and mineral content of sesame. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.28, 5ed, p.2649-2654,2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.024>

YORK, Larry, M.; CARMINATI, Andrea.; MOONEY, Sacha. J.; RITZ, K. et al., The holistic rhizosphere: integrating zones, processes, and semantics in the soil influenced by roots. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 12, p. 3629–3643, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jxb/erw108.>

ZHENG, Qing, YUNTAO, Hu.; ZHANG, Shascha.; NOLL, Lisa.; et al., Soil multifunctionality is affected by the soil environment and by microbial community composition and diversity. **Soil Biology and Biochemistry**, 136 v, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107521

XIE, Miao-Miao., CHEN, Si-Min., ZOU, Ying-Ning., et al., Effects of *Rhizophagus intraradices* and *Rhizobium trifolii* on growth and N assimilation of white clover. **Plant Growth Regul** v.93, 311–318p, 2021. Dísponível em: https://doi.org/10.1007/s10725-020-00689-y>

CAPÍTULO 18

UTILIZAÇÃO DA PRÓPOLIS NO CONTROLE DE FITOPATÓGENOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Data de aceite: 01/12/2021

Carize da Cruz Mercês
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Cruz das Almas - Bahia
http://lattes.cnpq.br/3998366362249493

Vanessa Santos Louzado Neves
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Cruz das Almas - Bahia
http://lattes.cnpq.br/5499232012836345

Cerilene Santiago Machado
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Cruz das Almas - Bahia
http://lattes.cnpq.br/3994510066689121

Clara Freitas Cordeiro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Cruz das Almas - Bahia
http://lattes.cnpq.br/0708511256189647

Leilane Silveira D'Ávila
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Cruz das Almas – Bahia
http://lattes.cnpq.br/0945163491063399

Geni da Silva Sodré
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Cruz das Almas - Bahia
http://lattes.cnpq.br/6652025101719377

RESUMO: Os métodos alternativos de controle de doenças de plantas, vêm sendo desenvolvidos para minimizar a utilização de produtos químicos na agricultura. Nesse sentido, a própolis apresenta diversos compostos bioativos que atuam no controle de fitopatógenos, dentre esses compostos são encontrados os ácidos fenólicos e seus ésteres, açúcares, terpenóides, ácidos cafeicos, hidrocarbonetos, elementos minerais e diversas classes de flavonoides, como kaempferol e quercetina. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão integrativa da produção científica desenvolvida nos últimos 50 anos (1971-2021) sobre a utilização da própolis no controle de fitopatógenos. A estratégia de consulta ao material cientifico foi realizada por meio do acesso direto aos sites do *Google Scholar* e posteriormente nos bancos de dados por meio do Portal Periódicos da Capes, possibilitando o acesso as diversas plataformas digitais por meio das palavras-chaves pré-estabelecida. Para seleção do material cientifico foram aplicados critérios de inclusão e exclusão. Os dados foram exportados para plataforma Rayyan QCRI (2016) e também tabulados em planilhas eletrônicas. A coleta de dados resultou no total de 2.863 referências, sendo que um total de 40,1% (1.149) das referências eram repetidas, 83,1% (2.379) de referências foram excluídas e incluídos 16,9% (484) de artigos dentro do tema de estudo. Cada grupo de referência foi selecionado e quantificado. Os trabalhos encontrados destacaram a eficácia da própolis no controle de fitopatógenos, há possibilidade de novos estudos, pois a própolis apresenta grande potencial no controle de doenças de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Apicultura, controle alternativo, doenças de plantas.

USE OF PROPOLIS IN THE CONTROL OF PHYTOPATHOGENS: AN INTEGRATIVE REVIEW

ABSTRACT: Alternative methods of plant disease control have been developed to minimize the use of chemicals in agriculture. Among these compounds are phenolic acids and their esters, sugars, terpenoids, caffeic acids, hydrocarbons, mineral elements, and several classes of flavonoids, such as kaempferol and quercetin. The objective of this study was to perform an integrative review of the scientific production developed in the last 50 years (1971-2021) on the use of propolis to control phytopathogens. The strategy for consulting the scientific material was carried out through direct access to Google Schola r sites and later to databases through the Capes Periodicals Portal, enabling access to the various digital platforms by means of pre-established keywords. For the selection of the scientific material, inclusion and exclusion criteria were applied. The data were exported to the Rayyan QCRI (2016) platform and also tabulated in spreadsheets. The data collection resulted in a total of 2,863 references, with a total of 40.1% (1,149) of the references being repeats, 83.1% (2,379) of references were excluded, and 16.9% (484) of articles within the study topic were included. Each reference group was selected and quantified. The studies found highlighted the efficacy of propolis in the control of phytopathogens; there is the possibility of further studies, since propolis presents great potential in the control of plant diseases.
KEYWORDS: Beekeeping, alternative control, plant diseases**.**

1 I INTRODUÇÃO

A busca incessante por produtos químicos para o controle dos diversos grupos de microrganismos, tem chamado a atenção não apenas para o controle de doenças infecciosas em humanos, mas também na grande perda de produtos de interesse agronômico que são danificados por fitopatógenos multirresistentes (RUIZ *et al*., 2016).

Produtos de origem natural vêm sendo estudados como possíveis alternativas para o controle de fitopatógenos, dentre eles destaca-se a própolis, que é um produto rico em compostos fenólicos, oriundo de resina coletadas pelas abelhas de diversas partes vegetais, que sofre modificações na colmeia (CUNHA *et al*., 2018).

Dentre os compostos identificados na própolis destacam-se os ácidos fenólicos e seus ésteres, flavonóides (flavonas, flavononas, flavonóides, chalconas), aldeídos fenólicos, terpenos (β- esteróides, aldeídos aromáticos e álcoois, sesquiterpenos, naftaleno e derivados do estilbeno), cetonas, quinonas, esteroides e aminoácidos (PAPOTTI *et al*., 2012).

Estudos com o extrato de própolis vem indicando grande potencial para controlar fitopatógenos (ARAÚJO *et al*., 2019; CAVALCANTE *et al*., 2020; CUNHA *et al*., 2018; JASKI *et al*., 2019; MIRANDA *et al*.,2018; MORENO *et al*., 2020; NIKOLOVA *et al*., 2017; PAZ *et al*., POBIEGA *et al*., 2020; POBIEGA *et al*., 2021 SILVA *et al*., 2018; YANG *et al*., 2017),

pois a própolis age inibindo fortemente o crescimento de micélios, induzindo alterações morfológicas anormais nas hifas, além de efeitos prejudiciais sobre a germinação dos esporos fúngicos, testificando seu uso como antifúngico natural (YANG *et al*., 2010).

Desta forma, a própolis é um produto com potencial para ser utilizado no controle de fitopatógenos para a agricultura, não só por suas propriedades químicas, mas também como um impedimento físico para a penetração dos micélios dos fungos, devido à formação de um filme protetor sobre os frutos (DEZMIREAN *et al*., 2003).

Deste modo, esse estudo teve como objetivo realizar uma revisão integrativa da produção científica desenvolvida nos últimos 50 anos (1971 a 2021), sobre a utilização da própolis no controle de fitopatógenos, de forma a utilizar as informações obtidas para estudos posteriores sobre essa temática.

Estudos de revisões integrativas são de suma importância, pois é uma ferramenta que permite sumarizar pesquisas anteriores e delas obter conclusões gerais para analisar o conhecimento científico sobre o assunto a ser investigado (SOBRAL; CAMPOS, 2012).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos meses de julho a outubro de 2021, os critérios de seleção considerados foram artigos sem seleção de idioma, aplicando o filtro tempo compreendendo o período dos últimos 50 anos, ou seja, entre os anos de 1971 a 2021.

A elaboração desta revisão integrativa partiu-se da seguinte questão norteadora: “O extrato de própolis possui efeito no controle de fitopatógenos?”

A partir da questão norteadora estabelecida, a estratégia de consulta ao material cientifico foi realizada inicialmente por meio do acesso direto aos sites do *Google Scholar* (Google Acadêmico), posteriormente ocorreu o levantamento de artigos nos bancos de dados do Portal Periódicos da Capes, possibilitando o acesso as seguintes plataformas digitais: Academic Search Premier - ASP (EBSCO), AGRICOLA : NAL Catalog, AGRIS : International Information, System for the Agricultural Sciences and Technology (FAO), AgEcon Search : Research in Agricultural & Applied Economics, Alianza de Servicios de Información Agropecuaria – SIDALC, American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians – AAVLD, Animal Health and Production Compendium (CABI Publishing), Bases de Dados da Pesquisa Agropecuária EMBRAPA: BDPA, Base Bibliográfica da Agricultura Brasileira: AGROBASE, Bioline International, BioOne (BioOne.org), Forestry Compendium (CABI Publishing), ACS Journals Search, Aquaculture Compendium (CABI Publishing), American Society for Microbiology Journals (ASM), Annual Reviews, American Society for Nutrition – ASN, ASTM International, Cambridge Core, Biochemical Society – Journals, CAB Abstract (CABI), CAB Direct (CABI), Cell Press Collection (Elsevier), ScienceDirect (Elsevier), Derwent Innovations Index - DII (Web of Science/ Clarivate Analytics), FSTA - Food Science and Technology Abstracts (EBSCO), GeoScience World

(GeoRef), Incites Journal Citation Reports - JCR (Clarivate Analytics), Journals@Ovid Full Text (Ovid), JSTOR Arts & Sciences I Collection (Humanities), Microbiology Society (MS), PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences, PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences, Repositório da Produção da Universidade de São Paulo - USP (ReP), SAGE Journals Online, Science (AAAS), SCOPUS, (Elsevier), SpringerLink, Springer Book Archives.

As palavras-chave utilizadas na construção da estratégia de busca foram: "própolis" e "fitopatógenos"; "propolis" and "phytopathogens"; "própolis" and "doença de planta"; "propolis" and "plant diseases". Os critérios de exclusão e inclusão, estão descritos na figura 1.

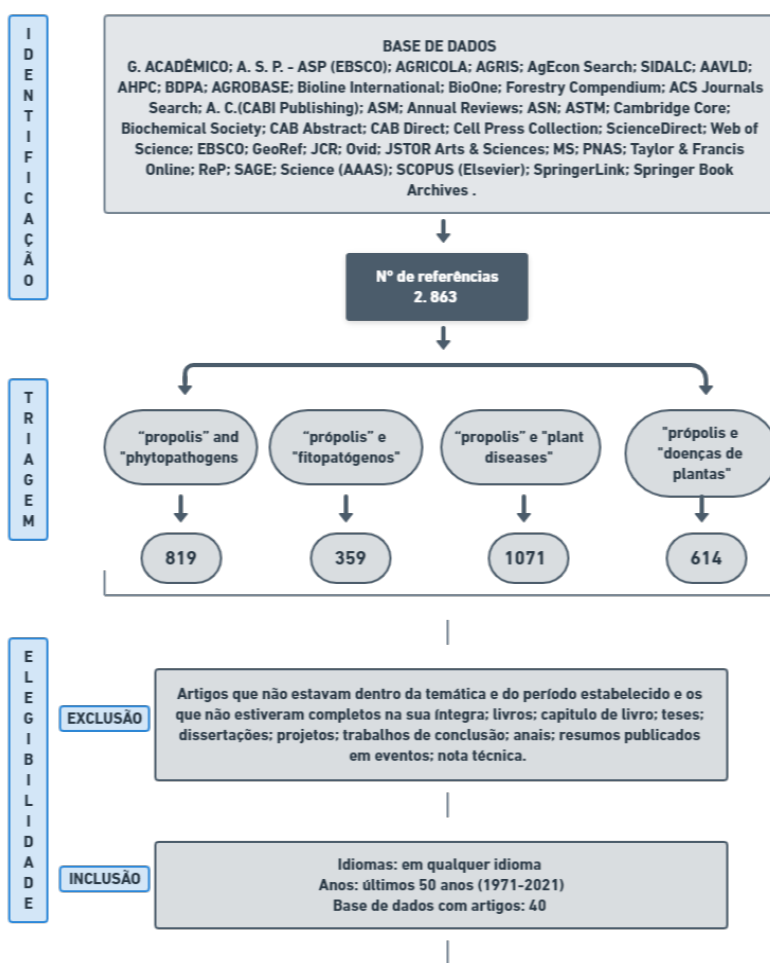



Figura 1 - Fluxograma do processo de identificação, seleção e inclusão dos estudos.

Fonte: autoral, 2021

Os dados foram exportados no formato EndNote, Export, Refman/RIS ou Text, para plataforma Rayyan QCRI (2016), onde a inclusão e exclusão dos registros foram realizados por meio da leitura de título e resumo.

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas para a construção dos gráficos e tabelas.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar e avaliar a importância do tema abordado no presente trabalho, os resultados apresentados foram estruturados segundo a proposta inicial de organização dos dados. Essa coleta realizada nas bases de dados por meio das palavras-chave, resultou no total de 2.863 referências.

As pesquisas realizadas nas bases de dados e empregando os termos a seguir, apresentam os seguintes resultados: "própolis" and "phytopathogens": 819 referências; "própolis" e "fitopatógenos": 359 referências; "propolis" and "plant diseases" 1.071 referências; "própolis" e "doenças de plantas" 614 referências.

Após a leitura dos títulos e dos resumos, um total de 40,1% (1.149) das referências eram repetidas (encontrada mais de uma vez no campo de busca), foram excluídas 83,1% (2.379) de referências, pois não compreenderam o objetivo de estudo e foram incluídos apenas 16,9% (484) de artigos dentro do tema de estudo (Figura 2).

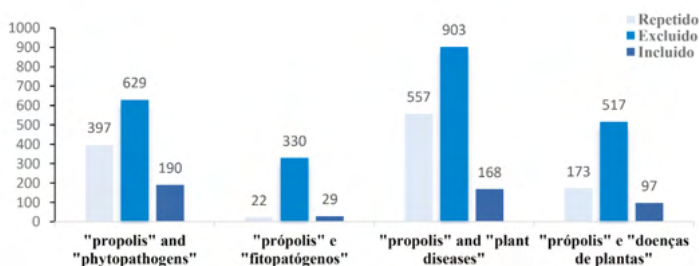



Figura 2: Distribuição das decisões para inclusão de acordo com cada palavras-chave estabelecidas.

Fonte: autoral, 2021

Na Figura 3 é apresentada a distribuição do número de referências ao longo dos últimos 50 anos, na qual é possível observar que os anos mais recorrentes de publicações foram 2019, 2020 e 2021 com 224, 370 e 223 respectivamente.

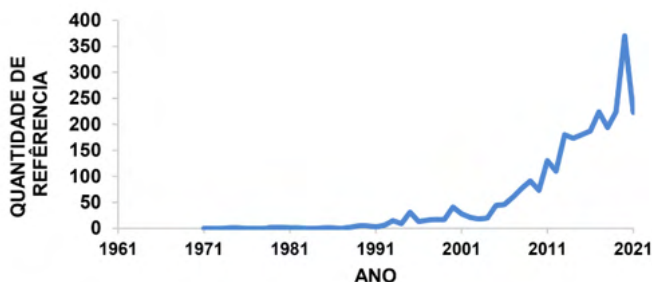



Figura 3: Distribuição do número de referências encontradas com os as palavras-chave estabelecidas, publicadas entre 1971-2021.

Fonte: autoral, 2021

Na terceira etapa de refinamento dos dados (processo de elegibilidade) foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, na qual foi selecionado e quantificado cada grupo de referências encontradas. A tabela 2 mostra de forma detalhada a quantidade de cada referência, em relação aos tipos de estudo, os mais prevalentes na pesquisa foram: Artigo fora do tema de estudo 51,76% (1.428), artigo dentro do tema 16,90% (484), tese e dissertação 12,20% (349) e revisão 8,80% (252).

Decisões (inclusão/exclusão)	"propolis" and "phytopathogens"	"própolis" e "fitopatógenos"	"propolis" and "plant diseases"	"própolis" e "doenças de plantas"	Total
Artigo fora do tema	389	120	567	352	1428
Artigo do tema	190	29	168	97	484
Revisão	106	14	87	45	252
Livro	17	1	63	22	103
Capitulo de livro	45	11	49	12	117
Resumo	15	5	23	18	61
Anais	8	1	13	2	24
Tese e dissertação	45	172	83	49	349
Nota técnica	0	1	8	6	15
Trabalho conclusão de curso	4	5	10	11	30

Tabela 2:Seleção das referências encontradas segundo os critérios de elegibilidade.

Fonte: autoral, 2021

Os 484 artigos dentro do tema foram encontrados em 92 periódicos diferentes mais o *Google Scholar*, foram incluídos artigos por abordar ação da própolis contra fitopatógenos. Estes estudos identificados confirmam a ação inibitória da própolis sobre bactérias gram-positivas e gram-negativas e fungos que apresentam grande patogenicidade em

plantas. Deve-se ressaltar, porém, que a ação inibitória da própolis contra microrganismos encontra-se relacionada à sua composição química, sendo os flavonoides apontados como os principais compostos responsáveis por essa propriedade (PINTO *et al*., 2011). Sua concentração difere de acordo com a região, a época e o modo como a própolis foi coletada e preparada (VARGAS *et al*., 2004).

A pesquisa demostrou que a maioria dos estudos que envolvem a utilização da própolis no controle de fitopatógenos, entre os anos de 1971 e 2021 tratam-se em sua maioria de estudos *in vitro*. Dos 484 artigos dentro do tema estudado, 299 (62%) artigos tratava-se de estudos realizados *in vitro*, desta forma nota-se a necessidade de investigações realizados *in vivo* para complementar a pesquisa científica nesta temática.

Er (2021), em seu estudo examinou uma mistura dos isolados de *Fusarium graminearum, Alternaria brassicicola, Verticillium dahliae* e *Pythium ultimum* para determinar a atividade antimicrobiana dos extratos de própolis à base de água e álcool em diferentes concentrações de acordo com os ensaios *in vitro* (métodos de difusão em disco e difusão em poços) e *in vivo* (sementes, foliar e sementes + tratamentos foliares). Os resultados verificaram que os extratos de própolis apresentam alta capacidade, sendo uma alternativa promissora e ecologicamente correta contra diversos fitopatógenos, para minimizar o uso de pesticidas químicos.

Cibanal *et al*. (2021), testou a atividade antimicrobiana de quatro concentrações de extratos hidroalcoólicos da própolis e da geoprópolis de *Scaptotrigona jujuyensis in vitro* contra cinco bactérias patogênicas do tomate *(Clavibacter michiganensis michiganensis, Xanthomonas gardneri, Xanthomonas vesicatoria, Pseudomonas corrugata e Pseudomonas mediterrânea).* Este estudo indica a possibilidade do uso de produtos bioativos apícolas, principalmente a própolis como estratégia não convencional de controle de doenças bacterianas do tomateiro.

Dentre os artigos na área de pesquisa, os idiomas de publicação mais recorrente são: o Inglês que lidera a lista de artigos com 313 artigos, o português com 73 estudos, italiano com 62, croata com 28 e espanhol com 8. O fato do inglês ser o idioma com maior número de publicações não significa que os países com esse idioma seja realmente o país que mais pesquisa e publica sobre o tema. Visto que, a maioria dos periódicos que estão contido nas bases de dados analisadas só aceitam trabalhos publicado nesse idioma.

Utilização da própolis no controle de doenças em plantas

No mundo globalizado, o consumidor hoje busca um produto livre de contaminantes químicos, com isto surge à necessidade de encontrar métodos alternativos aos fungicidas sintéticos que previnem a resistência a patógenos e também cuidam da saúde humana e meio ambiente (AYÓN-REYNA *et al*., 2017).

Com isto, o controle de doenças de plantas por meios alternativos, vêm sendo desenvolvidos na tentativa de minimizar a utilização de produtos químicos na agricultura, e

consequentemente os impactos causados pelo uso excessivo dessas substâncias (AYON-REYNA *et al.*, 2017). Muitas plantas possuem propriedades medicinais que apresentam atividade direta sobre fitopatógenos, através de seus extratos e óleos essenciais (FRANZENER *et al.*, 2007).

Na tentativa de diminuir o impacto dos pesticidas disponíveis atualmente, muitos pesquisadores têm voltado os estudos para compostos bioativos naturais que atuam de forma diferente dos produtos comumente conhecidos (PAZIN *et al.*, 2019), como é o caso da própolis.

As propriedades biológicas da própolis estão diretamente ligadas à sua composição química, e podem variar quantitativa e qualitativamente, estão associadas às características fitogeográficas da região de coleta e da estação do ano (PASCOAL *et al.*, 2014).

Os principais agentes bioativos encontrados neste produto são ácidos fenólicos e seus ésteres, açúcares, terpenóides, ácidos cafeicos, hidrocarbonetos, elementos minerais e diversas classes de flavonoides, como kaempferol e quercetina (FRANCHIN *et al.,* 2018), sendo mais de 200 substâncias que contribuem em conjunto para sua funcionalidade farmacológica (REIS *et al.*, 2019).

Entre as substâncias isoladas, polifenóis especialmente os flavonóides (flavonas, flavolonas e flavononas), são os principais responsáveis pelas atividades antibacterianas, antioxidante, anti-inflamatório, entre outras propriedades encontradas na própolis (MARCUCCI *et al.*, 2001). Essas substancias também favorecem o desenvolvimento das plantas e controlam a atividade de fungos e bactérias fitopatogênicas (PARK *et al.*, 1998). A própolis tem seu uso permitido no sistema de produção orgânico para o controle de doenças em plantas (MARCUCCI *et al.*, 2001).

Estudos demonstram que a própolis tem potencial para controlar doenças em plantas. A aplicação foliar de própolis argentina em frutos de tomate infectados com *Pseudomonas syringae* reduziu a gravidade da doença (ORDONEZ *et al.*, 2011). A própolis egípcia reduziu a murcha bacteriana do tomate causada por *Ralstonia solanacearum* sob condições de casa de vegetação e de campo (ABO-ELYOUSR *et al.*, 2017). O extrato etanólico da própolis verde inibiu o fitopatógeno *Pythium aphanidermatum*, desta forma o autor afirma que própolis é uma forma eficaz e barata para controlar o impacto do perigoso fitopatógeno na agricultura (PAZIN *et al.*, 2019).

Dentre os métodos alternativos e sustentáveis para o controle de doenças em plantas, está incluído a indução de resistência, que é definida pela capacidade do hospedeiro em atrasar ou evitar a entrada e/ou a atividade de um parasita em seus tecidos (SILVA; PASCHOLATI; BEDENDO, 2007). A indução de resistência é realizada através da aplicação de substâncias podendo ser naturais ou sintéticas, além de microrganismos inativados ou suas partes (CARVALHO, 2012).

Substâncias alternativas podem induzir resistência de planta, entregando elicitores ou moléculas capazes de ser reconhecidas por receptores intracelulares e/ou de superfície

celular e produzindo cascatas de transdução de sinal, a fim de acabar a expressão de genes relacionados à defesa (CAVALCANTI *et al*., 2006). A própolis é um produto natural que vem demostrando diversos potenciais de uso, não só por suas propriedades químicas, mas também como um impedimento físico para a penetração dos micélios dos fungos, devido a formação de um filme protetor sobre as folhas das plantas (PEREIRA *et al*., 2015.)

A planta possui mecanismos de defesa para reconhecimento e proteção contra fitopatógenos (MAZARO, 2008), e os compostos que podem estar relacionados com as respostas de defesa das plantas são os compostos fenólicos ou polifenóis (LATTANZIO *et al*., 2006). Na própolis brasileira há predominância dos ácidos fenólicos, especialmente os flavonóides, junto com os ácidos carboxílicos modificados são componentes estratégicos, pois são responsáveis pela bioatividade contra vários microrganismos patogênicos (BURDOCK, 1998).

Dentre todos os tipos de própolis existentes, a própolis de coloração verde produzida a partir dos ápices da planta alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*), é o produto com maior destaque mundial (SOUSA *et al*., 2011). O principal agente bioativo encontrado neste tipo de própolis é a Artepillin C (ácido 3,5-diprenil-4-hidroxicinâmico) que possui dois grupos prenilados ligados ao grupo fenólico do ácido cinâmico, sendo responsável por diversos mecanismos de ação contra patógenos de diversas espécies, tornando-se uma molécula de interesse farmacológico principalmente pelo seu potencial antioxidante, anti-inflamatório e anticancerígeno (SHIMIZU *et al*., 2004)

A bioatividade destes compostos é vinculada às características estruturais que a favorecem, tais como a presença de anéis benzênicos e duplas ligações em suas estruturas, além de um ou mais grupos hidroxila ligados a sistemas de anéis aromáticos (ENDO *et al*., 2018). A presença desses grupos químicos permite a interação desta molécula com a membrana celular por diferentes tipos de interações intermoleculares, ampliando sua gama de atividade farmacológica (TEIXEIRA *et al*., 2005).

Estudos demostram que o extrato etanólico de própolis aplicado via foliar ou na forma de pastas tem potencial no controle de doenças em plantas (MARINI *et al*., 2012). Pereira *et al.* (2008) observaram redução da severidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro, e da incidência e severidade da ferrugem em cafeeiros no campo com a aplicação foliar de extrato etanólico de própolis. Eles afirmam que o extrato etanólico de própolis, aplicado via foliar contribui para a formação de um filme protetor diminuindo a entrada e esporulação de fungos e possui compostos que são considerados antifúngicos, além de impedir a perda de água pelas plantas, diminuindo a transpiração das plantas.

Os exemplos e resultados apresentados nessa revisão integrativa, destacaram o potencial da própolis na proteção de plantas. É necessário dar continuidade a esses estudos para avaliar e compreender as interações entre própolis, plantas e patógenos.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da própolis é uma fonte importante de compostos bioativos e apresenta-se como uma possibilidade para o controle alternativo de fitopatógenos.

A aplicação de própolis, para controle de doenças de plantas cultivadas e como elemento de desenvolvimento das plantas, poderá se tornar uma realidade nos próximos anos. Para os pequenos produtores, a própolis pode representar alternativa sustentável pela facilidade de extração, utilização, redução do impacto ambiental e nos gastos com insumos externos, possibilitando geração de renda extra pela venda deste produto, riscos quase nulos à saúde dos trabalhadores rurais e dos consumidores de alimento na qual teve sua aplicação.

Desta forma, a revisão apresentou resultados positivos, embora ainda estudos mais aprofundados sobre o potencial da própolis no controle de doenças em plantas e os compostos que atuam de fato no controle direto ou indução de resistência são escassos.

REFERÊNCIAS

ABO-ELYOUSR, A.M *et al*. Effectiveness of Egyptian propolis on control of tomato bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 124, n. 5, p. 467-472, 2017.

ARAÚJO, A. S. Q *et al*. Bioprospecting of bioactive essential oils against phytopathogenic fungi. **Amazonian Journal of Plant Research**, v. 3, n. 1, p. 298-304, 2019.

AYÓN-REYNA, L. E. *et al*. Application of a hydrothermal-calcium chloride treatment to inhibit postharvest anthracnose development in papaya. **Postharvest Biology and Technology**, v. 124, p. 85-90, 2017

BURDOCK, G. A. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 36, n. 124, p. 347-363, 1998.

CARVALHO, N.L. Resistência Genética Induzida em Plantas Cultivadas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.7, n.7, p.1379-1390, 2012.

CAVALCANTI, F. R. *et al.* Activities of antioxidant enzymes and photosynthetic responses in tomato pre-treated by plant activators and inoculated by Xanthomonas vesicatoria. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 68, n. 4-6, p. 198-208, 2006.

CAVALCANTE, L. V. *et al.* Produtos alternativos no controle curativo da antracnose em hastes de antúrio (Anthurium andraeanum Lind.). **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, p. 9622, 2020.

CIBANAL, I. L. *et al*. Propolis extract and oregano essential oil as biofungicides for garlic seed cloves: in vitro assays and synergistic interaction against Penicillium allii. **Journal of Applied Microbiology**, v. 131, n. 4, p. 1909–1918, 2021.

CUNHA, M. C. *et al*. Propolis extract from different botanical sources in postharvest conservation of papaya. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 40, p. e31074-e31074, 2018.

SOUSA, J. P. B. *et al*. Seasonality role on the phenolics from cultivated Baccharis dracunculifolia. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2011, p. 464289-464289, 2011.

DEZMIREAN, D.; MARGHITAS, L. A.; PAMFIL, D. C. Influence of honey and propolis on micropropagation of greenhouse carnation. **Bulletin of USAMV**, v. 59, p. 244-250, 2003.

ENDO, S. *et al*. Autophagy inhibition enhances anticancer efficacy of artepillin C, a cinnamic acid derivative in Brazilian green propolis. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 497, n. 1, p. 437-443, 2018.

FRANCHIN, M. *et al*. The use of Brazilian propolis for discovery and development of novel anti-inflammatory drugs. **European journal of medicinal chemistry**, v. 153, n. SI, p. 49-55, 2018

FRANZENER, G. *et al*. Atividades antibacteriana, antifúngica e indutora de fitoalexinas de hidrolatos de plantas medicinais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 29-38, 2007.

JASKI, J. M. *et al*. Green propolis ethanolic extract in bean plant protection against bacterial diseases. **Ciência Rural**, v. 49, n. 6, 2019.

LATTANZIO, V. *et al*. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. **Phytochemistry: Advances in research**, v. 661, n. 2, p. 23-67, 2006

MARCUCCI, M. C. *et al*. Phenolic compounds from Brazilian propolis with pharmacological activities. **Journal of ethnopharmacology**, v. 74, n. 2, p. 105-112, 2001.

MARINI, D. et al. Efeito antifúngico de extratos alcoólicos de própolis sobre patógenos da videira. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 2, p. 305-308, 2012.

MAZARO, S.M. *et al*. Indução de fitoalexinas em cotilédones de soja em resposta a derivados de folhas de pitangueira. **Ciência Rural**, v.38; n.7; out. 2008.

MIRANDA, S. L. F. *et al*. Brazilian red propolis reduces orange-complex periodontopathogens growing in multispecies biofilms. **Biofouling**, v. 35, n. 3, p. 308-319, 2019.

MORENO, M. Al. *et al*. Antifungal edible coatings containing Argentinian propolis extract and their application in raspberries. **Food Hydrocolloids**, v. 107, n. 2, p. 105973, 2020.

NIKOLOVA, M. T.*et al*. Antifungal activity of plant extracts against phytopathogenic fungi. **Journal of BioScience and Biotechnology**, v. 6, n. 2, p. 155-161, 2017.

ORDÓÑEZ, R. M. *et al*. Potential application of Northern Argentine propolis to control some phytopathogenic bacteria. **Microbiological Research**, v. 166, n. 7, p. 578-584, 2011.

PAPOTTI, G. *et al*. Chemical and functional characterization of Italian propolis obtained by different harvesting methods. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 11, p. 2852-2862, 2012.

PARK, Y. K. *et al*. Estudo da preparação dos extratos de própolis e suas aplicações. **Food Science and Technology**, v. 18, n. 3, p. 313-318, 1998.

PASCOAL, A. et al. The role of honey and propolis in the treatment of infected wounds. In: **Microbiology for Surgical Infections**. Academic Press, p. 221-234, 2014.

PAZ, D. S. D. *et al*. Reaction of papaya genotypes to target spot and activity of plant extracts and Bacillus spp. on *Corynespora cassiicola*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 1, 2018.

PAZIN, W. M. *et al*. Bioactivity and action mechanism of green propolis against *Pythium aphanidermatum*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 2, p. e20180598, 2019.

PEREIRA, C. S. *et al*. Extrato etanólico de própolis (EEP) no controle de cercospora e ferrugem do cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 55, n. 5, p. 369-376, 2008.

PEREIRA, C. S. *et al*. Controle da cercosporiose e da ferrugem do cafeeiro com extrato etanólico de própolis. **Ceres**, v. 55, n. 5, 2015.

PINTO, L.M.A. *et al*. Propriedades, usos e aplicações da própolis. **Revista Eletrônica de farmácia**, v. 8, n. 3, p. 25, 2011.

POBIEGA, K. *et al*. Prolonging the shelf life of cherry tomatoes by pullulan coating with ethanol extract of propolis during refrigerated storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 8, p. 1447-1461, 2020.

POBIEGA, K. *et al*. The use of pullulan coatings with propolis extract to extend the shelf life of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 1013-1020, 2021.

REIS, J. H. O. *et al*. Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. **PloS one**, v. 14, n. 7, p. e0219063, 2019.

RUIZ, M. D. P. *et al*. Activity and mode of action of *Parastrephia lepidophylla* ethanolic extracts on phytopathogenic fungus strains of lemon fruit from Argentine Northwest. **Postharvest Biology and Technology**, v. 114, n. 114, p. 62-68, 2016.

SHIMIZU, K. *et al*. Antioxidative bioavailability of artepillin C in Brazilian propolis. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 424, n. 2, p. 181-188, 2004.

SILVA, R. F.; PASCHOLATI, S. F.; BEDENDO, I.P. Indução de resistência em tomateiro por extratos aquosos de *Lentinula edodes* e *Agaricus blazei* contra *Ralstonia solanacearum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 189-196, 2007.

SILVA, R. L. M. *et al*. Extrato etanólico de própolis no controle de ferrugem polissora (*Puccinia polisora Underw*.) na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Connection line-revista eletrônica do UNIVAG**, n. 18, p. 1-15, 2018.

SOBRAL, F. R.; CAMPOS, C. J. G. The use of active methodology in nursing care and teaching in national productions: an integrative review. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 46, n. 1, p. 208-218, 2012.

TEIXEIRA, S. *et al*. Structure–property studies on the antioxidant activity of flavonoids present in diet. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 39, n. 8, p. 1099-1108, 2005.

VARGAS, A. C. *et al.* Atividade antimicrobiana "in vitro" de extrato alcóolico de própolis. **Ciência Rural**, v. 34, n, 1, p. 159-163, 2004.

YANG, S.*et al*. Control of citrus green and blue molds by Chinese propolis. **Food Science and Biotechnology**, v. 19, n. 5, p. 1303-1308, 2010.

YANG, W. *et al*. Preservation of orange juice using propolis. **Journal of food science and technology**, v. 54, n. 11, p. 3375-3383, 2017.

SOBRE OS ORGANIZADORES

DANYELLE ANDRADE MOTA - Mestra e Doutora em Biotecnologia Industrial pela Universidade Tiradentes (UNIT), com internacionalização com o Doutorado Sanduíche no Instituto Superior de Agronomia pela Universidade de Lisboa. Especialista em Docência no Ensino de Ciências pela Faculdade Pio Décimo. Especialista em Neurociência pela Faculdade de Ciências da Bahia (FACIBA). Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura pela UFS. Durante a graduação desenvolveu pesquisas na área de Botânica (Taxonomia de Líquens), Microbiológica e Educacional. Durante o mestrado e doutorado desenvolveu trabalhos no Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) atuando especialmente pesquisas focadas nas interações entre as áreas de biologia, bioquímica e engenharia química. Visando a melhoria do uso e transformação de recursos agroindustriais da região. Sendo assim, tem experiência na área de Biologia Celular, Microbiologia, Bioquímica, Química e Biocatálise com ênfase em imobilização de enzimas para aplicações em bioprocessos. Atualmente, é colaboradora no grupo de pesquisa do ITP, professora na Rede Estadual de Sergipe, professora na Uniplan Centro Universitário e professora voluntária na Universidade Federal de Sergipe.

CLÉCIO DANILO DIAS DA SILVA - Doutorando em Sistemática e Evolução pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela UFRN. Especialista em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido pelo IFRN. Especialista em Gestão Ambiental pelo IFRN. Especialista em Tecnologias e Educação a Distância pela Faculdade São Luís (FSL). Graduado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Facex (UNIFACEX). Graduado em Pedagogia pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Tem vasta experiência em Zoologia de Invertebrados, Ecologia aplicada; Educação em Ciências e Educação Ambiental. Áreas de interesse: Fauna Edáfica; Taxonomia e Ecologia de Collembola; Ensino de Biodiversidade e Educação para Sustentabilidade.

MILSON DOS SANTOS BARBOSA - Doutorando em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes (UNIT). Mestre em Engenharia de Processos pela UNIT. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Pio Décimo. Especialista em Docência e Gestão na Educação a Distância pela Faculdade Futura. Bacharel em Engenharia de Petróleo pela UNIT. Desenvolve pesquisas voltadas ao desenvolvimento e otimização de processos sustentáveis, produção de biolubrificantes, uso de líquidos iônicos na biocatálise e simulações de docagem molecular.

LAYS CARVALHO DE ALMEIDA - Doutora e Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes (UNIT). Especialista em Docência do Ensino superior pela Universidade Norte do Paraná (UNOPAR). Bacharel em Engenharia de Ambiental pela UNIT. Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Sergipe. Técnica em Química

de Alimentos pelo Instituto Federal de Sergipe. Atualmente Pós-Doutoranda no Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Processos na Universidade Tiradentes. Atuando principalmente na biovalorização de resíduos agroindustriais e biocatálise com ênfase em imobilização de enzimas para aplicações em reações de biotransformação na modificação de óleos e gorduras para a obtenção de biodiesel, ácidos graxos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

B

C

D

E

F

G

I

L

M

N

P

R

S

T

Ano 2021

Meio ambiente:

Princípios ambientais, preservação e sustentabilidade

2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2021

Meio ambiente:

Princípios ambientais, preservação e sustentabilidade

2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br